Aus dem Institut für Mikrobiologie, Toxikologie und
Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach
und
dem Institut für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und
-technologie - Fachrichtung Lebensmittelhygiene - des
Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

SPRAYBEHANDLUNG VON SCHLACHTTIERKÖRPERN ZUR HALTBARKEITSVERLÄNGERUNG BEI FEHLENDER ODER SCHWACHER KÜHLUNG

- UNTERSUCHUNGEN FÜR ENTWICKLUNGSLÄNDER -

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
WOLFGANG OSTHOLD
Tierarzt aus Hagen/Westf.

Berlin 1985
Journal Nr. 1162

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549615_0021

Aus dem Institut für Mikrobiologie, Toxikologie und
Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach
und
dem Institut für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und
-technologie - Fachrichtung Lebensmittelhygiene - des
Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

SPRAYBEHANDLUNG VON SCHLACHTTIERKÖRPERN ZUR HALTBARKEITSVERLÄNGERUNG BEI FEHLENDER ODER SCHWACHER KÜHLUNG

- UNTERSUCHUNGEN FÜR ENTWICKLUNGSLÄNDER -

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
WOLFGANG OSTHOLD
Tierarzt aus Hagen/Westf.

Berlin 1985
Journal Nr. 1162

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Fachbereichssprecher:	Prof. Dr. F. Hörchner
Referent:	Prof. Dr. H.-J. Sinell
Korreferent:	Prof. Dr. U. Götze

Tag der Promotion: 8. März 1985

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. EINLEITUNG 1

2. LITERATURÜBERSICHT 2

2.1 Verderb von Fleisch, insbesondere von Schlachttierkörpern 2

2.1.1 Formen des Verderbs 2
2.1.2 Mikrobiologischer Verderb 4

2.2 Einfluß verschiedener Parameter auf die Haltbarkeit von Schlachttierkörpern ... 7

2.3 Verhinderung des Fleischverderbs 20

2.3.1 Denkmodelle zur Beurteilung und Verbesserung der Stabilität von Lebensmitteln 20
2.3.2 Oberflächenbehandlung von Schlachttierkörpern 24

2.3.2.1 Behandlung mit Heißwasser 25
2.3.2.2 Behandlung mit Säuren oder deren Salzen 26
2.3.2.3 Behandlung mit Chlorlösungen .. 31
2.3.2.4 Behandlung mit Antibiotika 34
2.3.2.5 Andere Behandlungsverfahren ... 35

2.4 Bestimmung der Oberflächenkeimzahl von Schlachttierkörpern 37

2.4.1 Probeentnahmestelle 37
2.4.2 Probeentnahmeverfahren 39
2.4.3 Kulturelle Keimzählung 40
2.4.4 Schnellmethoden 40

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Material 41
3.2 Methodik 43

3.2.1 Versuchsanordnung 44
3.2.2 Keimzahlbestimmung 50

3.2.2.1 Probeentnahmestelle 50
3.2.2.2 Probenaufbereitung 52
3.2.2.3 Kulturverfahren 52
3.2.2.4 Berechnung der Keimzahl 54
3.2.2.5 Statistische Auswertung 55

3.2.3 Messung des pH-Wertes der Fleischoberflächen 55

Seite

3.3 Ergebnisse 56

3.3.1 Ergebnisse der Modellversuche an portioniertem Rindfleisch 56

3.3.2 Ergebnisse der Sorbatspray-Versuche ... 58

3.3.2.1 Sorbatspray und 10 °C Lagertemperatur 58

3.3.2.2 Sorbatspray und 15 °C Lagertemperatur 69

3.3.2.3 Sorbatspray und 25 °C Lagertemperatur 75

3.3.2.4 Sorbatspray und 35 °C Lagertemperatur 81

3.3.2.5 Vergleichende Betrachtung der Entwicklung des Oberflächenkeimgehaltes von Rindfleisch bei unterschiedlichen Lagertemperaturen 88

3.3.2.6 Tiefenfäulnis von Rindfleisch bei vermindertem Kühlaufwand 89

3.3.3 Ergebnisse der Säurespray-Versuche 91

3.3.3.1 Säurespray und 10 °C Lagertemperatur bei Schafen 91

3.3.3.2 Säurespray und pH-Wert von Fleischoberflächen 94

3.3.4 Ergänzende Untersuchungen zur Ermittlung des Oberflächenkeimgehaltes 96

4. DISKUSSION 98

4.1 Modellversuche 99

4.2 Schlachttierkörper 102

4.3 Keimflora 107

4.4 Empfehlungen für die praktische Anwendung 109

5. ZUSAMMENFASSUNG 112

6. SUMMARY 116

7. LITERATURVERZEICHNIS 120

LEBENSLAUF 142

DANKSAGUNG 143

1. EINLEITUNG

Wenn auch die Fleischwirtschaft, gemessen an der gesamten Volkswirtschaft, nur relativ wenig Energie verbraucht und folglich einsparen kann (WERSCHNITZKY, 1982), sollte auch hier nach energiesparenden Verfahren für die Herstellung und Lagerung von Fleisch und Fleischerzeugnissen gesucht werden. Der Problemkreis der energiesparenden Verarbeitung und Lagerung von Fleisch wird in der Bundesrepublik Deutschland als "Vorratsforschung" bezeichnet (LEISTNER, 1980). Derartige Fragen sind für Entwicklungsländer mit geringen Devisenbeständen bei hohen Energierechnungen höchst aktuell. Dort heißt es schon heute, konsequent Energie einzusparen, und daher ist besonders in Entwicklungsländern eine energiesparende Lagerung von Schlachttierkörpern gefragt.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wurde daher im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, ein Verfahren erarbeitet, das bei geringerem Kühlaufwand eine Lagerung von Schlachttierkörpern ermöglicht. Dafür sollte ein Spray entwickelt werden, der auf die Oberfläche der Schlachttierkörper aufgesprüht wird und eine ausreichende Haltbarkeit des Fleisches bei vermindertem Kühlaufwand gewährleistet.

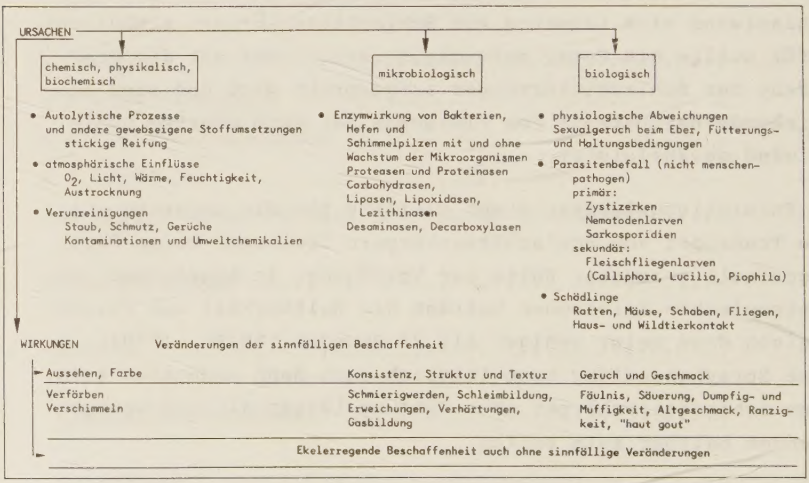
In Entwicklungsländern steht vielfach für die Lagerung oder den Transport von Schlachttierkörpern überhaupt keine Form maschinell erzeugter Kälte zur Verfügung. In tropischen und subtropischen Klimazonen beträgt die Haltbarkeit von Frischfleisch dann meist weniger als 24 Stunden (THIEL, 1979). Eine Spraybehandlung kann folglich auch dann angezeigt sein, wenn Schlachttierkörper ohne Kühlung länger als nur wenige Stunden haltbar sein sollen.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1 Verderb von Fleisch, insbesondere von Schlachttierkörpern

2.1.1 Formen des Verderbs

Die mikrobiologische Beschaffenheit gilt als wesentliches Kriterium für die Haltbarkeit des Fleisches, da vorwiegend Mikroorganismen und deren Stoffwechseltätigkeiten während der Lagerung zum Verderb dieses Lebensmittels führen. Den Verderb eines Lebensmittels charakterisiert SINELL (1980) wie folgt: "Wenn in einem Lebensmittel stoffliche Umsetzungen oder sonst irgendwelche Veränderungen eintreten, die seinen Gebrauchswert einschränken, so sprechen wir von Verderb. Er wird durch äußere Einflüsse oder auch durch dem Lebensmittel selbst innewohnende Eigenschaften verursacht, die physikalisch-chemischer, biologischer oder mikrobiologischer Natur sind." Die Ursachen und Erscheinungsformen des Verderbs sind in Abbildung 1 unter besonderer Berücksichtigung des Fleischverderbs dargestellt.



nach SINELL, 1980

Abb. 1: Ursachen und Erscheinungsformen des Verderbs unter besonderer Berücksichtigung des Fleischverderbs (nach SINELL, 1980)

Bei der Lagerung von Schlachttierkörpern steht der mikrobiologische Verderb eindeutig im Vordergrund (SCHREITER, 1981). Mikrobiell gebildete Enzyme werden an das Substrat Fleisch abgegeben und schließen die Fleischbestandteile extrazellulär als Nahrungsquelle für die Mikroorganismen auf. Vorwiegend der mikrobiell bedingte Eiweißabbau (Fäulnis) führt zu den typischen, auf der Oberfläche sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen mit den Hauptmerkmalen Schmierigkeit, Schleimbildung, Fäulnisgeruch und Verfärbung (siehe Abbildung 1). Die Innenfäulnis wird bei Schlachttierkörpern nicht so häufig beobachtet (siehe 2.1.2).

Physikalisch-chemische Ursachen des Verderbs sind bei Schlachttierkörpern von untergeordneter Bedeutung. Der Schutz vor Verunreinigungen oder Austrocknung beispielsweise kann durch relativ einfache Maßnahmen verhindert werden. Wenn die biochemischen Fleischreifungsprozesse bei unzureichender Kühlung beschleunigt ablaufen, entwickelt sich eine abweichende Fleischbeschaffenheit (WUNDRAM und SCHÖNBERG, 1962). Derartige abakterielle Stoffwechselprozesse sind "originäre" Enzymwirkungen. Man spricht von "stickiger Reifung" oder "saurer Gärung". Die damit verbundenen Veränderungen im Fleisch führen , wie bei der mikrobiellen Proteolyse, zu einer Freisetzung von Ammoniak und/oder Schwefelwasserstoff, die chemisch nachgewiesen werden können (SCHÖNBERG, 1961; SEIDEL und KIND, 1964). Bei der sensorischen Bewertung fallen ein stark säuerlich-muffiger Fleischgeruch sowie eine ziegelrote Farbe auf. Solches Fleisch wird zumindest als minderwertig angesehen. Sind die Veränderungen stark ausgeprägt, so ist das Fleisch zum Verzehr nicht mehr geeignet. Die "stickige Reifung" ist hierzulande ohne Bedeutung. Diese physikalisch-chemische Form des Verderbs gewinnt jedoch an Bedeutung, wenn keine ausreichende Kühlung zur Verfügung steht (Wildfleisch) oder wenn Fleisch bei geringen Kühltemperaturen gelagert wird.

Der biologische Verderb ist im allgemeinen kein Problem der Fleischlagerung, sieht man vom Befall mit Schädlingen und Insekten während der Lagerzeit ab. Parasitäre Erkrankungen (siehe Abbildung 1), die im Rahmen der Fleischbeschau erkannt werden, ziehen stets gesetzliche Maßnahmen nach sich und unterwerfen das Fleisch dann einem jeweils vorgeschriebenen entsprechenden Behandlungsverfahren.

Bei der üblichen Lagerung von Schlachttierkörpern begrenzen somit Mikroorganismen, vor allem Bakterien, weniger dagegen Hefen und Schimmelpilze (NOSKOWA, 1972), die Haltbarkeit des Fleisches. Für die Beurteilung des Frischezustandes oder für die Feststellung von Verderb bzw. Verderbnisgrenzen werden daher primär mikrobiologische Untersuchungsverfahren angewandt. Dabei werden die Mikroorganismen der Fleischoberfläche erfaßt und mit geeigneten Methoden angezüchtet, ausgezählt und als Keimzahl pro cm^2 Fleischoberfläche ausgedrückt (siehe 2.4). Daneben sind chemische Verfahren bekannt, durch die mikrobielle Stoffwechsel- bzw. Umsetzungsprodukte nachgewiesen werden und dadurch auf den Oberflächenkeimgehalt schließen lassen (siehe 2.4.4).

2.1.2 Mikrobiologischer Verderb

Bei der Beurteilung des Frischezustandes bzw. der Haltbarkeit von Schlachttierkörpern geht man primär davon aus, daß sich der mikrobiologische Verderb an der Fleischoberfläche abspielt, weshalb der Fleischverderb bei Kühltemperaturen auch als ein "Oberflächenphänomen" bezeichnet worden ist (GILL und PENNEY, 1977). Grundsätzlich können drei Möglichkeiten der mikrobiellen Infektion bei Schlachttierkörpern unterschieden werden, und zwar: intra vitam, intra mortem und post mortem (AYRES, 1955).

Die intravitale Infektion erfolgt vor allem durch Mikroorganismen aus dem Intestinaltrakt, die vorwiegend über das Lymphsystem (BAGADI und SEWELL, 1974), aber auch über den Blut-

kreislauf in Organe und Muskulatur gelangen. Derartige Prozesse finden intra vitam ständig in geringem Umfang statt und werden vom gesunden Körper durch die Abwehrmechanismen kontrolliert. Beim Schlachttier kann im Zusammenhang mit dem Transport und dem Schlachtvorgang jedoch ein massives Eindringen von Mikroorganismen durch Streßeinwirkung auftreten. Kommt es dabei zu einer Überforderung der körpereigenen humoralen und zellulären Abwehrkräfte, so kann sich das erschlachtete Fleisch als stark keimhaltig erweisen.

Bei der intramortalen Infektion gelangen saprophytäre Mikroorganismen der Haut oder des Brühwassers in die Stichwunde und erreichen über den Blutkreislauf das Fleischinnere. Mikroorganismen, die antemortal und/oder intramortal das Fleischinnere infiziert haben, führen den primären Keimgehalt des Fleisches herbei. Die Ansichten über die Bedeutung des primären Keimgehaltes im Fleischinneren haben sich bis zur Mitte dieses Jahrhunderts mehrfach geändert (GILL, 1979; SIBOMANA, 1980) und werden teilweise immer noch kontrovers diskutiert. Man kann jedoch davon ausgehen, daß das Innere des Fleisches von gesund und ausgeruht geschlachteten Warmblütern (VANDERZANT und NICKELSON, 1969; OCKERMAN et al., 1969; GILL et al., 1978; GILL, 1979) und auch von Fischen (KRÜGER, 1972) keimfrei oder zumindest keimarm ist.

Ein daher relativ seltenes, vorwiegend durch den primären Keimgehalt verursachtes Problem ist die Tiefenfäulnis, die unter Kühlung nur sporadisch und unvorhersehbar bei Schlachttierkörpern vorkommt (GILL, 1979). Allerdings können auch Oberflächenkeime bei unsachgemäßer Behandlung der Schlachttierkörper, etwa durch das Einstechen des Messers in das Fleischinnere, ursächlich an der Tiefenfäulnis beteiligt sein. Die Diagnose "Tiefenfäulnis" kann meist sensorisch erfolgen, wobei die Gasbildung als auffälligstes Merkmal gilt (INGRAM und DAINTY, 1971). Die Veränderungen werden darüber hinaus durch den typischen putride-

widerlichen Geruch bei grüner oder gelblicher, z. T. ziegelroter Fleischfarbe charakterisiert und können bereits nach 8 bis 24 Stunden Lagerzeit auftreten (HARTH, 1941). Wenn der sensorische Befund durch bakteriologische Untersuchungen ergänzt wird, so sind stets anaerob vermehrungsfähige Bakterien, vor allem Clostridium spp., aber auch Bazillen, gramnegative Bakterien oder fäkale Streptokokken nachweisbar (HAINES und SCOTT, 1940; CALLOW und INGRAM, 1955; NOTTINGHAM, 1960; INGRAM und DAINTY, 1971). Tiefenfäulnis entsteht hauptsächlich in Knochennähe, vor allem im Bereich des Hüftgelenkes (GILL, 1979). Oftmals sind aber auch das Knochenmark, die Gelenkflüssigkeit oder die Lymphknoten die Ausgangsherde (MORAN und SMITH, 1929; GILL, 1979). Das kann auf für Bakterien günstige Wachstumsverhältnisse zurückgeführt werden (CALLOW und INGRAM, 1955), da die Temperatur dort post mortem trotz der einwirkenden Umgebungskälte relativ lang hoch bleibt. Wichtiger erscheint noch, daß sich der pH-Wert im periostalen Gewebe, z. B. des Schinkens, im Neutralbereich befindet. Daher wird als wichtigste Maßnahme zur Verhinderung der Tiefenfäulnis eine schnelle Verminderung der Kerntemperatur des Fleisches unter 20 °C angestrebt, wobei gleichzeitig die im Zuge der Fleischreifung eintretende pH-Wert-Senkung ab 6,0 die Wachstumsrate der anaerob vermehrungsfähigen Mikroorganismen wirksam verringert (CALLOW und INGRAM, 1955). Tiefenfäulnis tritt bei Schlachttierkörpern in ökonomisch nicht mehr vertretbarer Häufigkeit auf, wenn Lagertemperaturen über 15 °C angewandt werden (DEATHERAGE, 1980). Bei unzureichender Kühlung ist demnach diese Form des Verderbs zu beachten.

Diejenigen Mikroorganismen, die erst nach dem Tode aus der Umwelt oder vom Tier selbst auf die Fleischoberfläche gelangen, verursachen durch postmortale Infektion der Schlachttierkörper die Oberflächenfäulnis. Dieser sekundäre Keimgehalt stellt den weitaus größten Anteil der mikrobiellen Gesamtkontamination der Schlachttierkörper dar und wird unter 2.2 ausführlich behandelt.

Früher hat man auch die postmortale Infektion des Fleischinneren dann für einen bedeutsamen Infektionsweg gehalten, wenn die Schlachttiere nicht rechtzeitig ausgeweidet wurden und es zu einer bakteriellen Einwanderung aus dem Darmlumen ins Fleisch kommt. Jedoch muß dieser Infektionsweg nach neueren Untersuchungen mit ^{14}C-markierten Bakterien an streßausgesetzten Tieren bezweifelt werden (GILL et al., 1978). Die zuletzt genannten Autoren konnten zeigen, daß auch die Gewebe unausgeweideter Tiere, bis zur Ruptur der Magen-Darmwand, noch 24 Stunden steril blieben.

Wenn auch bei der Beurteilung des Frischegrades dem Oberflächenkeimgehalt des Fleisches die größte Bedeutung zukommt, so sollte dennoch bedacht werden, daß Mikroorganismen in gewissem Umfang postmortal von der Fleischoberfläche in tiefere Fleischregionen eindringen können. Die Eignung zur Infiltration des Fleischinneren besitzen proteolytische Mikroorganismen. Nichtproteolytische Bakterien sind dazu nicht in der Lage, auch wenn sie mit Proteolyten vergesellschaftet sind (GILL und PENNEY, 1977, 1982). Allerdings konnten bei Schlachttierkörpern, die nur für 2 Tage bei Raumtemperatur gelagert worden waren, 2 cm unterhalb der Fleischoberfläche keine Mikroorganismen nachgewiesen werden (THOMAS, 1966). Auf die Zusammensetzung der Oberflächenmikroflora von Schlachttierkörpern wird ausführlich unter 2.2 eingegangen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß dem bakteriellen Oberflächenverderb bei Schlachttierkörpern eine überragende Bedeutung zukommt. Folglich sind die Parameter, die die Fleischoberfläche beeinflussen, von besonderem Interesse, wenn die Ursachen des Verderbs von Schlachttierkörpern und Maßnahmen zu dessen Verhinderung untersucht werden sollen.

2.2 Einfluß verschiedener Parameter auf die Haltbarkeit von Schlachttierkörpern

In die allgemeine Terminologie der Lebensmittelmikrobiologie

sind die Begriffe "intrinsic factors", "extrinsic factors" und "implicit parameters" eingegangen (MOSSEL und INGRAM, 1955). Als "intrinsic factors" werden die substrateigenen Merkmale bezeichnet, und als deren Faktoren werden das Nährstoffangebot, pH-Wert und Pufferkapazität, das Redoxpotential, antimikrobielle Lebensmittelinhaltsstoffe, die Wasseraktivität und andere physikalische Faktoren mit Einfluß auf die Keimflora angesehen. Unter den "extrinsic factors" werden Außenfaktoren verstanden, die bei der Lagerung des Lebensmittels die Entwicklung der Keimflora beeinflussen. Als Faktoren hierfür kommen in Betracht in erster Linie die Lagertemperatur, weiterhin atmosphärische Einflüsse, wie relative Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung und Gaspartialdrucke. Während die "intrinsic factors" und "extrinsic factors" im Laufe der Lagerzeit eines Lebensmittels die meisten Vertreter der Initialflora eliminieren und somit nur einer begrenzten Zahl an Keimarten einen Selektionsvorteil gewähren (Entwicklung der typischen Verderbnisflora), werden unter den "implicit parameters" die spezifischen Wachstumseigenschaften der Lebensmittelflora verstanden. Die durch "intrinsic" und "extrinsic factors" gegebenen Selektionsvorteile können sich nämlich nicht vollständig auswirken, da es zu Wechselwirkungen innerhalb der Mischflora eines Lebensmittels kommt. Solche Interaktionen ("implicit parameters") sind durch die Wachstumsrate sowie den Synergismen und Antagonismen innerhalb der Mikrobenflora gekennzeichnet.

Der Oberflächenverderb bei Schlachttierkörpern wird hauptsächlich durch die folgenden Parameter bestimmt: 1. Hygiene, 2. Temperatur, 3. Zeit, 4. a_w-Wert, 5. pH-Wert, 6. Eh-Wert (LEISTNER et al., 1981).

Hygiene: Die mikrobielle Ausgangskontamination gilt allgemein als entscheidendes Kriterium für die zu erwartende Lagerfähigkeit und Qualität des Fleisches. Zahlreiche Untersuchungen belegen die enge Korrelation zwischen Initialkeimflora und

Lagerfähigkeit des Fleisches (HAINES und SMITH, 1933; ALTHOFF, 1936; HEISS, 1938; INGRAM, 1952; AYRES, 1960a). Das gilt ebenso für Geflügel (AYRES et al., 1950; BARNES und THORNLEY, 1966; BARNES und SHRIMPTON, 1968). ELLIOTT und MICHENER(1965) stellten die Ergebnisse entsprechender Untersuchungen verschiedener Autoren an Rindfleisch in einer graphischen Darstellung zusammen (Abbildung 2). Sie veranschaulicht, wie stark der Anfangskeimgehalt die Haltbarkeit des Fleisches beeinflußt.

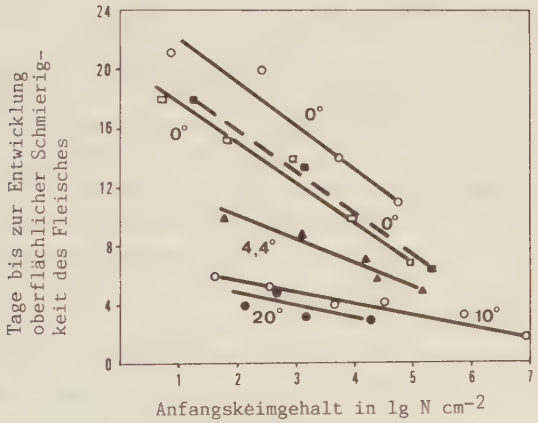


Abb. 2: Lagerfähigkeit von Rindfleisch in Abhängigkeit vom Ausgangskeimgehalt und von der Lagertemperatur in °C; Ergebnisse verschiedener Autoren (nach ELLIOTT und MICHENER, 1965)

Faßt man die hier aufgeführten Literaturstellen nach ihrer Grundaussage zusammen, so läßt sich feststellen, daß eine niedrige Ausgangskontamination des Fleisches beim Erschlachten eine sehr wichtige Voraussetzung für eine ausreichende Haltbarkeit der Schlachttierkörper ist.

Temperatur: Die Abbildung 2 verdeutlicht auch den Einfluß der Lagertemperatur auf die Haltbarkeit des Fleisches. Da eine Verminderung der Temperatur um 4 bis 6 °C die Lagerfähigkeit verdoppelt, ist sie ebenfalls ein sehr wichtiger Faktor für eine ausreichende Haltbarkeit des Fleisches.

Eine Kühlung des Fleisches bewirkt, daß

1. die lag-Phase bei der Vermehrung der vorhandenen Mikroorganismen verlängert wird,

2. die Generationszeit der Vermehrung der vorhandenen Mikroorganismen vergrößert wird und

3. nur noch solche Mikroorganismen vermehrungsfähig sind, deren Minimaltemperatur unter der gegebenen Kühltemperatur liegt (HECHELMANN und LEISTNER, 1977).

Die Beeinflussung der Keimvermehrung durch Kühltemperaturen ist von zahlreichen Autoren untersucht worden. Die kürzeste lag-Phase liegt im Bereich der Optimaltemperatur der jeweiligen Keimart (RABOTNOVA und MINEEVA, 1959). Sie wird jedoch im Gefrierbereich extrem verlängert. So weist die natürliche Bakterienflora von Fischen bei -5 °C eine lag-Phase von 50 Wochen auf (GIBBONS, 1934). Bei Truthahn-Hamburgern, die bei -6,7 °C gelagert worden waren, trat erst nach neun Monaten Schimmelpilzwachstum auf (HANSON und FLETCHER, 1958). CHISTIAKOV und BOCHAROVA (1938) beschrieben einen Oospora-Stamm mit einer lag-Phase von 414 Tagen bei -8 °C. In der Tabelle 1 wird die Dauer der lag-Phasen in Abhängigkeit von verschiedenen Temperaturen am Beispiel einiger Schimmelpilze aufgeführt.

Tabelle 2 enthält die Generationszeiten von verschiedenen psychrotrophen Bakterien, die für Fleisch und Fleischerzeugnisse von Bedeutung sind.

Tab. 1: Die lag-Phasen verschiedener Schimmelpilze bei verschiedenen Temperaturen (nach CHISTIAKOV und BOCHAROVA, 1937)

Keimart	lag-Phase in Tagen bei					
	-8 °C	-5 °C	-2 °C	0 °C	+2 °C	Raumtemp.
Aspergillus glaucus	x	x	x	159	72	2
Mucor racemosus	x	x	x	17	6	1
Fusarium sp.	x	x	18	4	3	2
Penicillium sp.	x	177	46	52	46	6
Penicillium glaucum	x	142	21	15	9	2
Cladosporium sp.	x	10	8	8	6	1

x: kein Wachstum beobachtet

Tab. 2: Generationszeiten verschiedener psychrotropher Bakterien (nach OLSON und NOTTINGHAM, 1980)

Keimarten	Generationszeit (h) bei Temperatur (°C)	
Pseudomonas fluorescens (1)	10,5 27,5	5 ° 0 °
Pseudomonas fluorescens (2)	4,0 bis 8,5	4 °C
Psychrotropher Stamm 82 (3)	22,0 21,0	5 °C 0 °C
Pseudomonas sp.	2,5 10,0	10 ° 0 °
Bacillus psychrophilus	6,5	-5 ° bis -7 °
Micrococcus cryophilus	28,5	0 °

(1), (2), (3): Angaben anderer Autoren

In der Tabelle 3 sind die Minimaltemperaturen von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen,die für Lebensmittel wichtig sind, aufgeführt. Der Tabelle kann entnommen werden, welche Bakterienarten noch bei den herkömmlichen Lagertemperaturen für Schlachttierkörper (0 bis 4 °C) vermehrungsfähig sind. Dazu gehören Bakterien der Gattungen Pseudomonas, Acinetobacter und Flavobacterium. In diesem Temperaturbereich sind auch psychrotolerante Enterobacteriaceae vermehrungsfähig: Yersinia, Enterobacter, Serratia, Hafnia, Klebsiella sowie einige Proteus- und Escherichia-Stämme. Clostridium perfringens ist unterhalb 15 °C, Bacillus cereus unterhalb 12 °C,und Salmonella spp. sind unter 5 °C nicht mehr vermehrungsfähig.

Tab. 3: Minimaltemperaturen für das Wachstum einiger Mikroorganismen, die in Lebensmitteln bei oder unter 15 °C vermehrungsfähig sind (nach HECHELMANN und LEISTNER, 1977)

Temperatur	Gattung oder Keimart
+15 °C	Clostridium perfringens
+12 °C	Bacillus cereus
+ 7 °C	Proteus, Escherichia, Staphylococcus aureus
+ 5 °C	Micrococcus, Citrobacter, Salmonella
± 0 °C	Lactobacillus*, Streptococcus*, Micrococcus*, Microbacterium*, Klebsiella*, Enterobacter, Serratia, Hafnia, Proteus*, Escherichia*, Yersinia
- 5 °C	Pseudomonas*, Acinetobacter*, Flavobacterium*, Bacillus*
-18 °C	Fusarium*, Penicillium*

*: einige Stämme

In der Zusammensetzung der Oberflächenflora von Schlachttierkörpern dominieren im allgemeinen bei den üblichen Kühltemperaturen gramnegative, psychrotrophe Bakterien. Den Hauptanteil dieser Flora bildet die Pseudomonas-Acinetobacter-Moraxella-Assoziation (GILL und NEWTON, 1977). Die vorherrschende Gattung stellen die Pseudomonaden dar (AYRES et al., 1950; AYRES, 1955, 1960a, b; LEISTNER, 1956; LUDWIG, 1964; BARNES und THORNLEY, 1966; BARNES und SHRIMPTON, 1968; INGRAM und DAINTY, 1971; HECHELMANN und BEM, 1974; GILL und NEWTON, 1977; LEISTNER, 1979; SIBOMANA, 1980; LEISTNER et al., 1981). Bei Rinderschlachttierkörpern folgen mit einigem Abstand die Enterobakteriazeen (MULDER und KROL, 1976a, b; SIBOMANA, 1980). Hefen, Mikrokokken, Laktobazillen und Bazillen sind von untergeordneter Bedeutung; Enterokokken und eigelbpositive Staphylokokken lassen sich nur vereinzelt nachweisen (STRASSER, 1979; SIBOMANA, 1980).

Die unter Kühlbedingungen charakteristische Fleischoberflächenflora entwickelt sich erst im Verlauf der Lagerzeit. Über die Entwicklung der Oberflächenflora des Fleisches bei erhöhten Lagertemperaturen ist relativ wenig bekannt. Vergleicht man das "mikrobiologische Profil" von Geflügel, das bei 1, 10 und 15 °C gelagert wurde, so läßt sich ein Selektionsvorteil für Enterobakteriazeen bei höheren Lagertemperaturen feststellen. Bei 15 °C stellen die Enterobakteriazeen 27 % der Gesamtkeimzahl, bei 10 °C nur 15 % (BARNES und THORNLEY, 1966). Bei Rindfleisch bleiben die Pseudomonaden sowohl bei 9 als auch bei 15 °C die vorherrschende Keimflora (GARDNER, 1965). Lagertemperaturen von 15 bis 25 °C verändern das "mikrobiologische Profil" der Fleischoberflächen dahingehend, daß nun die Mikrokokken gleichauf mit den Pseudomonaden zur dominanten Verderbnisflora werden (AYRES, 1960a, b).

Werden Schlachttierkörper im Gefrierbereich zwischen -5 und -10 °C gelagert, dann tritt kein Bakterienwachstum, jedoch nach geraumer Zeit Schimmelpilzwachstum auf vermutlich weil die minimalen Wachstumstemperaturen bzw. die minimalen a_w-Werte selbst der psychrotrophen Bakterien unterschritten wurden (MICHENER und ELLIOTT, 1964; LEISTNER und RÖDEL, 1976b).

Zeit: In früheren Jahrhunderten war auch hierzulande eine Fleischlagerung nicht erforderlich, da ein "schneller Umschlag" (baldiger Verzehr des erschlachteten Fleisches) gewährleistet war. Dieses System funktioniert heute noch in vielen Entwicklungsländern und wird sogar in südeuropäischen Ländern noch teilweise angewandt. Obwohl das Fleisch beim "schnellen Umschlag" zumeist unter ungünstigen Bedingungen, d. h. bei schlechter Hygiene und ohne Kühlmöglichkeiten, gewonnen wird, erhalten die Mikroorganismen aufgrund der Kürze der Aufbewahrungszeit keine Chance für eine erhebliche Vermehrung und können daher weder Verderb noch Lebensmittelvergiftungen verursachen.

Werden bei der Fleischlagerung jedoch längere Lagerzeiten angestrebt, so wird im allgemeinen eine Kältekonservierung vorgenommen. Werden zusätzliche Parameter im Sinne des "Hürdeneffektes" einbezogen, so läßt sich die Haltbarkeit des Fleisches verbessern bzw. optimieren (siehe 2.3.1).

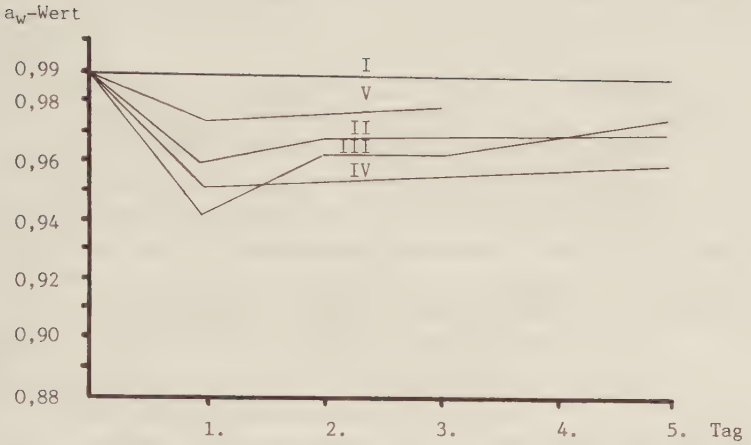
a_w-Wert: Die Wasseraktivität (a_w-Wert) eines Lebensmittels stellt für Mikroorganismen einen wichtigen Entwicklungsparameter dar. Es ist eine alte Erfahrungstatsache, daß oberflächlich abgetrocknete Schlachttierkörper eine bessere Haltbarkeit aufweisen als Tierkörper mit feuchter Oberfläche. Die Ursache hierfür ist eine geringere Wasseraktivität der abgetrockneten Oberfläche. Nicht der Gesamtwassergehalt, sondern der a_w-Wert ist der ausschlaggebende Parameter für die mikrobiellen Entwicklungsschancen (SCOTT, 1953, 1957), da den Mikroorganismen vom Gesamtwassergehalt eines Lebensmittels, wenn "Feuchthalter" wie Salze oder Zucker in Lösung gegangen sind, nur ein bestimmter Teil zur Verfügung steht.

Der a_w-Wert entspricht dem Gleichgewichtszustand zwischen dem Wasserdampfdruck des betreffenden Lebensmittels (p) und dem Dampfdruck von Wasser bei gleicher Temperatur (p_o) (SCOTT, 1962).

$$a_w = \frac{p}{p_o}$$

Der Begriff "Wasseraktivität" entspricht dem in der älteren Literatur verwendeten Ausdruck "Equilibrium Relative Humidity" (ERH, zu deutsch = "Gleichgewichtsfeuchte"), der als Prozentwert angegeben wurde.

Grundsätzlich kann bei der Wasseraktivitätsmessung zwischen einer Produktmessung und Oberflächenmessung unterschieden werden (KRISPIEN, 1978; RÖDEL et al., 1980a). Zur Messung des Oberflächen-a_w-Wertes muß die Wasseraktivitätsbestimmung mittels eines "dynamischen Verfahrens" in einem offenen System vorgenommen werden. KRISPIEN (1978) hat erstmals Angaben über die Oberflächen-a_w-Werte verschiedener Regionen bei Schlachttierkörpern von Rindern und Schweinen gemacht. Diese Ergebnisse sind in der Abbildung 3 als Tendenzdarstellung wiedergegeben.



I = angeschnittene Muskulatur (Anschnittfläche mehrerer Muskeln, die beim Spalten der Tierkörper entsteht)
II = unversehrte Muskulatur
III = Faszie über Muskulatur
IV = Faszie über Fett
V = Schwarte

Abb. 3: Tendenzdarstellung der a_w-Wert-Veränderung der Oberfläche von Schlachttierkörpern von Rindern und Schweinen im Kühlraum eines Schlachthofes (KRISPIEN, 1978)

Die relativ niedrigen a_w-Werte in Abbildung 3 am ersten Tag nach der Schlachtung wurden von KRISPIEN (1978) auf die stark bewegte Luft (1 - 4 m/sec) während der Schnellstabkühlung der Schlachttierkörper zurückgeführt. Die während der anschließenden Kühllagerung der Schlachttierkörper allmählich ansteigenden Oberflächen-a_w-Werte sind dahingehend erklärt worden, daß mehr Wasser aus den tieferen Schichten der Schlachttierkörper nachdiffundierte als von den Oberflächenschichten bei der gegebenen Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung abgegeben wurde (KRISPIEN, 1978). Eine weitere wahrscheinliche Ursache ist die im Verlauf der postmortalen Reifungsprozesse eintretende Strukturänderung. Dabei werden

Muskelproteine zum Teil dehydratisiert,und der Anteil an "locker gebundenem"Wasser erhöht sich; damit steigt auch der a_w-Wert.

Die Tabelle 4 enthält die minimalen a_w-Werte für das Wachstum von Mikroorganismen, die auf Fleisch vermehrungsfähig sind. Hieraus ist ersichtlich, daß die meisten Mikroorganismen, die auf gekühlt gelagertem Fleisch vermehrungsfähig sind, sich in einem a_w-Bereich zwischen 0,99 und 0,95 entwickeln können. Die psychrotoleranten, zumeist gramnegativen Bakterien, die primär den Verderb des Fleisches verursachen, werden unter 0,95 deutlich an der Vermehrung gehemmt (HECHELMANN et al., 1974; RÖDEL, 1975), während mehrere grampositive Bakterienarten auch noch bei wesentlich niedrigeren a_w-Werten sich vermehren können. Dazu zählt besonders Staphylococcus aureus, der unter aeroben Bedingungen noch bei einem a_w-Wert von 0,86 vermehrungsfähig ist (SCOTT, 1953; CHRISTIAN und WALTHO, 1962). Bei verminderten a_w-Werten bzw. steigenden Salzkonzentrationen wird jedoch das Toxinbildungsvermögen von S. aureus beeinträchtigt (CHRISTIAN und WALTHO, 1962; McLEAN et al., 1968; TROLLER, 1971). Eine geringere Empfindlichkeit gegenüber niedrigen Wasseraktivitäten als Bakterien weisen Hefen und besonders Schimmelpilze auf. Dementsprechend vermehren sich auch auf abgetrockneten Fleischoberflächen noch Hefen und Schimmelpilze (SCOTT, 1936), während das Bakterienwachstum gehemmt wird.

Ein abgetrocknetes oder gesalzenes Lebensmittel hat einen geringeren a_w-Wert und damit eine bessere Haltbarkeit als rohes, frisches Fleisch, das einen hohen a_w-Wert aufweist. Von KRISPIEN (1978) ist durch Oberflächenbehandlung von portionierten Fleischproben, die fünf verschiedene Oberflächen von Tierkörpern repräsentierten, im Modell eine Haltbarkeitsverbesserung bei Schlachttierkörpern angestrebt worden. Es gelang bei zwei dieser Fleischproben, den a_w-Wert der Fleischoberfläche über 5 Tage mit einem Spray, der aus 21,6 % Kochsalz und 11,7 % Citronensäure bestand, zu senken. Bei zwei weiteren der unter-

Tab. 4: Minimale a_w-Werte von Mikroorganismen, die auf Fleisch vermehrungsfähig sind (nach LEISTNER und RÖDEL, 1976b)

a_w-Wert	Mikroorganismen
0,98	Pseudomonas
0,96	Flavobacterium, Klebsiella, Lactobacillus*, Proteus*, Pseudomonas*, Shigella
0,95	Alcaligenes, Bacillus, Citrobacter, Clostridium, Enterobacter, Escherichia, Proteus, Pseudomonas, Salmonella, Serratia, Vibrio
0,94	Lactobacillus, Microbacterium, Pediococcus, Streptococcus*, Vibrio*
0,93	Lactobacillus*, Streptococcus, (S) Rhizopus, (S) Mucor
0,92	(H) Rhodotorula, (H) Pichia
0,91	Corynebacterium, Staphylococcus, Streptococcus*
0,90	Lactobacillus*, Micrococcus, Pediococcus, Vibrio*, (H) Hansenula, (H) Saccharomyces
0,88	(H) Candida, (H) Debaryomyces, (S) Cladosporium, (H) Hanseniaspora, (H) Torulopsis
0,86	Staphylococcus*
0,80	(H) Saccharomyces*, (S) Aspergillus, (S) Penicillium
0,75	Halophile Bakterien, (S) Aspergillus*
0,62	(H) Saccharomyces*

*= einige Stämme; (S) = Schimmelpilze; (H) = Hefen

suchten Fleischproben konnte durch diese Spraybehandlung keine beständige a_w-Wert-Erniedrigung erzielt werden; vielmehr lagen die Oberflächen-a_w-Werte der spraybehandelten Fleischstücke gegen Ende der Lagerzeit höher als bei unbehandelten Fleischstücken (Kontrollen). Die fünfte Fleischprobe "Faszie über Fett" wies über den gesamten Beobachtungszeitraum nach Spraybehandlung höhere Oberflächen-a_w-Werte als die unbehandelten Kontrollstücke auf. Mit einem Spray, bestehend aus Wasser mit 22 % Kochsalz, 12 % Citronensäure und 2 % Ascorbinsäure konnten jedoch die Oberflächen-a_w-Werte von Schlachttierkörpern von Rindern deutlich erniedrigt werden (TOKAR et al., 1979).

pH-Wert: Während der Fleischreifung vermindert sich der pH-Wert des Fleisches von Schlachttierkörpern. Das geschieht jedoch nicht einheitlich, denn die im saueren Bereich liegenden pH-Werte des Fleischinneren unterschieden sich teilweise beträchtlich von den pH-Werten der Oberflächen (KRISPIEN, 1978). Die geringsten Unterschiede werden zwischen dem pH-Wert im Innern und auf der Oberfläche von angeschnittener Muskulatur beobachtet. Die Fettoberfläche und auch die Schwarte des Schweines hingegen weisen im alkalischen Bereich liegende pH-Werte auf (KRISPIEN, 1978; GILL und NEWTON, 1980). In der Tabelle 5 sind die minimalen pH-Werte für Mikroorganismen, die auf Fleisch vorkommen, aufgeführt. Pseudomonaden vermehren sich danach bereits bei einem pH-Wert unter 5,0 nicht mehr, mit Ausnahme einiger Stämme, die bis zu einem pH-Wert von 4,4 vermehrungsfähig sind. Bei der Beurteilung solcher tabellarischer Aufstellungen muß nach RÖDEL (1975) darauf geachtet werden, daß bei nicht optimalen Randbedingungen die meisten Mikroorganismen bereits bei pH-Werten gehemmt werden, die sie bei optimalen Temperatur-, a_w- und Redoxpotential-Werten noch tolerieren würden (siehe 2.3.1). Analoges gilt für die Grenzwerte aller anderen Faktoren, die das Wachstum von Mikroorganismen bestimmen.

Tab. 5: Minimale Wasserstoffionenkonzentration (pH) für die Vermehrung der auf Fleisch vorkommenden Mikroorganismen (nach RÖDEL, 1975)

pH	Mikroorganismen
5,5	Clostridium perfringens, Bacillus
5,4	Bacillus*
5,2	Bacillus*
5,0	Pseudomonas, Serratia, Staphylococcus aureus*
4,8	Clostridium perfringens*
4,7	Micrococcus*, Sarcina*
4,6	Serratia*, Escherichia*
4,5	Micrococcus*, Proteus*, Salmonella*, Bacillus*
4,4	Pseudomonas*
4,3	Escherichia*
4,0	Proteus*, Salmonella*
2,0	Schimmelpilze*, Hefen*

* = einige Stämme

Zur Haltbarkeitsverbesserung bzw. -verlängerung von Schlachttierkörpern wird der wachstumshemmende Effekt niedriger Oberflächen-pH-Werte seit geraumer Zeit ausgenutzt. In aller Regel werden hierzu Genußsäuren verwendet, die den Oberflächen-pH-Wert stark und nachhaltig vermindern sollen. In Kapitel 2.3.2.2 wird hierüber ausführlich berichtet.

Eh-Wert: Das Redoxpotential ist ein Maß für die oxidierenden bzw. reduzierenden Eigenschaften eines Substrates. Es wird in Millivolt gemessen und als Eh-Wert ausgedrückt. Durch Verminderung des Sauerstoffgehaltes der umgebenden Atmosphäre kann der Eh-Wert gesenkt werden, beispielsweise bei abgepacktem

Fleisch in einer CO_2-Gasatmosphäre. Bei der Lagerung von Schlachttierkörpern läßt sich der Eh-Wert unter Praxisbedingungen jedoch kaum beeinflussen; obwohl bei Schifftransporten von Fleisch bereits derartige Versuche durchgeführt worden sind. Das Redoxpotential ist als ein wichtiger Selektionsfaktor für Mikroorganismen anzusehen ("extrinsic factor"), da sich bei hohem Eh-Wert, also in sauerstoffreicher Atmosphäre, vorwiegend aerobe Mikroorganismen vermehren, die dann auch für den Oberflächenverderb verantwortlich sind.

2.3 Verhinderung des Fleischverderbs

2.3.1 Denkmodelle zur Beurteilung und Verbesserung der Stabilität von Lebensmitteln

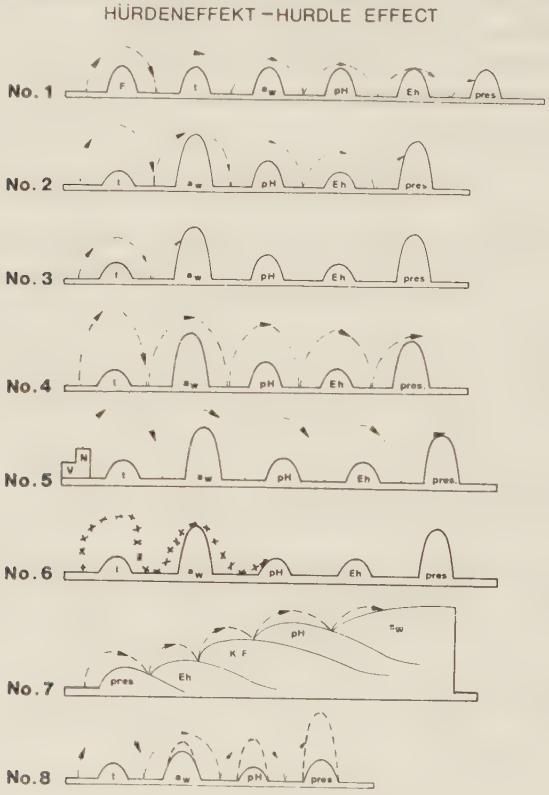
Die mikrobiologische Stabilität eines Lebensmittels beruht auf mehreren Parametern (siehe 2.2), die meist nebeneinander vorkommen. Ein Schema zur Beurteilung der Stabilität von Fleischerzeugnissen, das sich am pH- und a_w-Wert orientiert und aus diesen Werten die erforderliche Aufbewahrungstemperatur ableitet, ist von RÖDEL (1975) entwickelt worden. Dieses Beurteilungsschema wird in Tabelle 6 dargestellt.

Tab. 6: pH- und a_w-Wert als Leitkriterien für die mikrobiologische Stabilität von Fleischerzeugnissen (nach RÖDEL, 1975)

Stabilität	pH- und a_w-Wert	erforderliche Lagertemperatur
Lagerfähig	pH $\leq$ 5,2 und $a_w \leq$ 0,95 oder pH $\leq$ 5,0 oder $a_w \leq$ 0,91	Kühlung nicht erforderlich
Verderblich	pH $\leq$ 5,2 bis $\geq$ 5,0 oder $a_w \leq$ 0,95 bis $\geq$ 0,91	maximal 10 °C
Leicht verderblich	pH $>$ 5,2 und $a_w >$ 0,95	maximal 5 °C

Als ein umfassendes Denkmodell für die mikrobiologische Stabilität von Lebensmitteln ist das "Hürdenkonzept" entwickelt worden (LEISTNER und RÖDEL, 1976a; LEISTNER, 1978; LEISTNER und RÖDEL, 1979; LEISTNER, 1984). Die Abbildung 4 veranschaulicht das Hürdenkonzept bzw. den Hürdeneffekt in der gegenwärtigen Fassung (LEISTNER, 1984). In dieser Abbildung stellt die oberste Reihe (Beispiel No. 1) das Prinzip des Hürdeneffektes dar. In diesem Beispiel enthält das Lebensmittel sechs Hürden (F-Wert, t-Wert, a_w-Wert, pH-Wert, Eh-Wert und pres. = Konservierungsstoffe), die nicht von den vorhandenen Mikroorganismen übersprungen werden können, und folglich handelt es sich um ein mikrobiologisch stabiles Produkt. Allerdings ist das Beispiel No. 1 nur ein theoretischer Fall, denn sämtliche Hürden sind gleich hoch, und das wird kaum vorkommen. Realistischer ist das Beispiel No. 2, das ein Fleischerzeugnis mit Hürden von unterschiedlicher Höhe darstellt. Die Hürden für den t-Wert (Kühllagerung) und Eh-Wert (Sauerstoffentzug) sind bei diesem Produkt nicht so wesentlich, dem pH-Wert (ausreichende Säuerung) kommt einige Bedeutung zu, und am wichtigsten sind die Hürden für den a_w-Wert (ausreichende Abtrocknung) und die Konservierungsstoffe (z. B. Nitrit). Auch das Lebensmittel im Beispiel No. 2 ist mikrobiologisch stabil, denn die Hürden werden von den vorhandenen Mikroorganismen, die einen mittleren Keimgehalt repräsentieren, nicht übersprungen. Ist die Anfangskeimzahl niedrig (Beispiel No. 3), dann reichen an sich schon wenige Hürden bzw. Hürden von geringer Höhe aus, um die mikrobiologische Stabilität zu gewährleisten. Dieses Prinzip wird z. B. bei der aseptischen Vorverpackung von Fleischerzeugnissen (Brühwurst, Kochschinken etc.) ausgenutzt. Sind andererseits zu viele Mikroorganismen vorhanden, wie das bei mangelhafter Schlacht- und Betriebshygiene der Fall sein wird, dann können diese Keime, wie im Beispiel No. 4, die vorhandenen Hürden überspringen, und damit kommt es zum Verderb oder sogar zu Lebensmittelvergiftungen, trotz der üblichen Konservierungsmaßnahmen. Das

Beispiel No. 5 weist darauf hin, daß ein an Vitaminen und Nährstoffen reiches Lebensmittel den Mikroorganismen besonders gute Entwicklungsmöglichkeiten bietet ("Trampolin-Effekt") und daher bei derartigen Produkten die Hürden hoch sein müssen, damit sie nicht übersprungen werden. Das Beispiel No. 6



F = Hitzebehandlung; t = Kühltemperatur; a_w = Wasseraktivität;
pH = Säuregrad; Eh = Redoxpotential; pres. = Konservierungsstoffe;
V = Vitamine; N = Nährstoffe; K-F = Konkurrenzflora

Abb. 4: Acht Beispiele, die den Hürdeneffekt darstellen, mit dem die mikrobiologische Stabilität von Lebensmitteln veranschaulicht werden kann (LEISTNER, 1984)

soll das Verhalten von subletal geschädigten Mikroorganismen in einem Lebensmittel veranschaulichen. Werden z. B. Bakteriensporen in Fleischerzeugnissen durch die Erhitzung subletal geschädigt, dann kann sich zwar aus diesen Sporen eine Kultur entwickeln, die jedoch nicht vital ist und daher bereits durch relativ wenige und kleine Hürden gehemmt werden kann. Mit dem Beispiel No. 7 soll veranschaulicht werden, daß in einigen Lebensmitteln (z. B. Rohwurst oder Rohschinken) die mikrobiologische Stabilität durch eine Sequenz von Hürden gewährleistet wird. Schließlich wird im Beispiel No. 8 angedeutet, daß wahrscheinlich nicht die Summe, sondern das Produkt der Hürden in einem Lebensmittel für dessen mikrobiologische Stabilität wesentlich ist, denn anscheinend können sich die Hürden gegenseitig verstärken (Synergismus).

Derartige Beurteilungsschemata oder Denkmodelle sind für die Einschätzung der Stabilität eines Lebensmittels nützlich. Sie sind als Leitfaden oder didaktische Hilfe für die Herstellung eines stabilen Produktes oder für die Verbesserung der Haltbarkeit eines Lebensmittels wertvoll, lassen allerdings keine quantitativen Aussagen zu.

SINELL (1980) weist darauf hin, daß sich die mikrobiologischen Auswirkungen derartiger Faktorenkombinationen ("Kombinationseffekte") nur mittels ausgedehnter experimenteller Untersuchungen quantifizieren lassen. Auf diese Weise ist z. B. die Auswirkung der Faktorenkombination pH-Wert, Kochsalzgehalt (a_w-Wert) und Nitritgehalt in bezug auf Staphylococcus aureus quantitativ erfaßt und in einer dreidimensionalen Darstellung veranschaulicht worden (BEAN und ROBERTS, 1974). Der vom Polyeder (Abbildung 5) umschlossene Raum kennzeichnet die Bedingungen, bei denen Wachstum von S. aureus noch möglich ist. Mit derartigen graphischen Darstellungen können auch die Vermehrungsbedingungen anderer Mikroorganismen veranschaulicht werden.

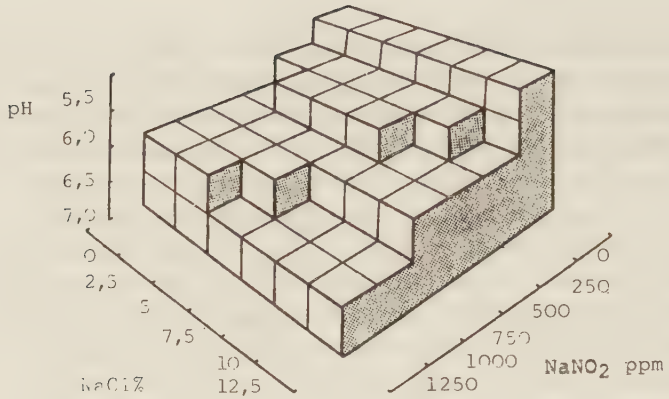


Abb. 5: Hemmwirkung von pH-Wert, Kochsalzgehalt (a_w-Wert) und Nitritgehalt auf das Wachstum von Staphylococcus aureus (nach BEAN und ROBERTS, 1974)

2.3.2 Oberflächenbehandlung von Schlachttierkörpern

In diesem Abschnitt soll versucht werden, einen möglichst vollständigen Überblick über die Oberflächenbehandlungs-Verfahren von Schlachttierkörpern zu geben. Bei Geflügel können aufgrund der zahlreichen Literaturangaben nur einige der vorgeschlagenen Behandlungsverfahren diskutiert werden. Wenn im folgenden bei Spray- oder Tauchbadzusammensetzungen keine anderen Lösungsmittel genannt sind, basieren die Sprays oder Tauchbäder stets auf dem Lösungsmittel Wasser. Sämtliche logarithmiert aufgeführten Keimzahlen beziehen sich auf $\log_{10}$ pro cm^2 Fleischoberfläche.

Bei einer vergleichenden Beurteilung ist zu berücksichtigen, daß sich die beschriebenen Verfahren in der Applikationsweise und den Nachweismethoden für die Keimhemmung teilweise erheblich unterscheiden. Unabhängig von der Art der verwendeten Substanzen sind für den keimhemmenden Effekt jeder Oberflächenbehandlung pH-Wert, Temperatur und Einwirkungszeit

von Bedeutung. Beim Spray kommen Druck, Durchflußraten und aufgebrachte Volumina als Einflußgrößen hinzu. Die Ergebnisse hängen auch von der Tierart, dem Zeitpunkt der Applikation nach der Schlachtung (Warm- oder Kaltfleisch), dem Anfangskeimgehalt und etwaiger sonstiger Vorbehandlung der Schlachttierkörper (z. B. Waschen durch Abduschen) ab. Weiterhin sind erhebliche Methodeneinflüsse auf das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchung, insbesondere durch mangelnde Repräsentanz der Stichprobe sowie unterschiedliche Entnahme- und Aufbereitungstechniken der Proben, gegeben.

2.3.2.1 Behandlung mit Heißwasser

Breiten Raum in der Literatur nehmen die Untersuchungen zur Heißwasser-Behandlung der Schlachttierkörper von Schafen ein. Schafe wurden mit 90 °C heißem Wasser behandelt, das auf dem Tierkörper nach dem Besprühen aus ca. 25 cm Entfernung noch 63 °C aufwies; dabei konnten um die Hälfte verringerte Keimzahlen gegenüber der Sprühbehandlung mit 15 °C kaltem Wasser beobachtet werden (BAILEY, 1971, 1972). Dieses Behandlungsverfahren verursachte auf Schafen nur eine anfängliche "milchige" Verfärbung der Tierkörperoberfläche, die nach 24 Stunden verschwunden war. Solche Heißwassersprays lassen auch unter anderen Bedingungen signifikante Keimverminderungen erwarten (KELLY et al., 1974, 1981). Der Wärmeverlust des Wassers während des Sprühvorganges konnte durch Verwendung einer geschlossenen Sprühkabine (mit Recycling) vermindert werden. Mit 90 °C versprühtes Wasser hatte bei dieser Anwendungsweise auf dem Tierkörper noch eine Temperatur zwischen 80 und 85 °C und führte bei einer Untersuchung an 1300 Schafen zu einer Verminderung von aufgeimpftem Escherichia coli um 3,4 log an der Tierkörperaußenseite. Die geringgradigen anfänglichen Farbabweichungen verschwanden wieder völlig (GRAHAM et al., 1978; EUSTACE, 1981).

Auch bei Rindervierteln verringerte das gleiche Verfahren die Keimzahl von Escherichia coli auf ein Hundertstel. An dieser

Stelle sind weitere Autoren genannt, die Schlachttierkörper von Rindern mit Heißwasser behandelt haben (PATTERSON, 1970; STRINGER, 1975; SMITH und GRAHAM, 1978; EUSTACE et al., 1980).

Schweine sind mit der Zielsetzung einer Dekontamination von Salmonellen vor und nach der Evisceration mit 74 °C heißem Wasser besprüht worden (SHOTTS et al., 1961). Eine 32%ige Dekontamination wurde jedoch nur als geringer Erfolg gewertet, der in etwa der unzureichenden Dekontamination durch den üblichen Brühprozeß entspricht. Eine vollständige Entkeimung der Tierkörperoberfläche von geschlachteten Schweinen, d. h. eine Keimzahlverminderung um 6 log, kann durch eine 10 Sekunden lange Anwendung von Dampf aus 2,5 cm Entfernung erreicht werden. Eine derartige Behandlung geht allerdings mit Schrumpfungsprozessen einher (CARPENTER, 1972).

Über die Behandlung mit Heißwasser wird auch bei Geflügel berichtet. Im allgemeinen wurden hier Tauchbäder angewendet, die zu deutlich verringerten Oberflächenkeimzahlen führten (DAWSON et al., 1963; PICKETT und MILLER, 1966; COX et al., 1974a). Höhere Temperaturgrade verursachen allerdings beim Geflügel bald ein "gekochtes Aussehen". Ein praktikables Verfahren besteht darin, Hühner für 1 bis 3 Minuten in Wasser von 60 °C zu tauchen (COX et al., 1974a).

2.3.2.2 Behandlung mit Säuren oder deren Salzen

Organische Säuren unterliegen in wäßrigen Systemen einer Dissoziation; für die antimikrobielle Wirksamkeit können entweder die in Lösung freigesetzten Wasserstoffionen und/oder die undissoziierten Säureanteile maßgeblich sein (BAIRD-PARKER, 1980).

Genußsäuren (Essig-, Milch-, Citronen- und Weinsäure) wirken auf den Oberflächenkeimgehalt von Schlachttierkörpern zum einen über die pH-Wert-Verminderung der Fleischoberfläche; dieser

unspezifische Effekt wird jedoch bald wieder ausgeglichen, da Warmfleisch über ein beträchtliches Pufferungsvermögen verfügt (HONIKEL und HAMM, 1974). Zum andern kommt die spezifische Wirkung des undissoziierten Säureanteils hinzu. Bei den zur Oberflächenbehandlung von Fleisch in Frage kommenden Genußsäuren - die Weinsäure ist bisher bei Schlachttierkörpern nicht untersucht worden - tritt in Abhängigkeit vom pH-Wert, der undissoziierte Säureanteil bei Essigsäure am stärksten und bei Citronensäure am geringsten auf. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Anteile der undissozierten Säuren bei verschiedenen Substrat-pH-Werten. Eine keimhemmende Wirkung der bei Schlachttierkörpern erprobten Genußsäuren kann in der absteigenden Reihenfolge bei Essig-, Milch- und Citronensäure erwartet werden; die nachstehend zitierten Literaturangaben bestätigen diese Aussage.

Tab. 7: Anteil der undissoziierten Säuren in Prozent bei verschiedenen pH-Werten (nach BAIRD-PARKER, 1980)

Organische Säuren	pH-Werte				
	3	4	5	6	7
Essigsäure	98,5	84,5	34,9	5,1	0,54
Milchsäure	86,6	39,2	6,05	0,64	0,064
Citronensäure	53,0	18,9	0,41	0,006	0,001

Essigsäure: Die besondere antimikrobielle Wirksamkeit der Essigsäure auf Schlachttierkörpern verschiedener Tierarten heben mehrere Autoren hervor. So führte ein 4%iger Essigsäurespray zu einer Keimzahlverminderung um 2,36 log bei Rindern (STRINGER, 1975) und war einer 200 ppm-Chlorlösung sowie einer 3,78‰-Lösung von quaternären Ammoniumverbindungen bei Rindfleisch überlegen (ANDERSON et al., 1977a). Vergleichbare Ergebnisse ließen sich mit einem 3%igen Essigsäurespray erzielen (ANDERSON et al., 1977b). Ein wiederholtes Einsprühen nach siebentägiger

Lagerzeit von Rindfleisch führte zu einer erneuten Dekontamination und einer deutlichen Haltbarkeitsverlängerung (ANDERSON et al., 1979). Die Wirkung eines 3%igen Essigsäuresprays auf Rinderschlachttierkörpern ist über die gesamte Lagerzeit verfolgt worden (ANDERSON et al., 1980). Die anfängliche Keimzahlverminderung betrug 1,49 log, nach einer einwöchigen Lagerzeit lag die Keimzahldifferenz immer noch bei 0,92 log gegenüber den Kontrollen. Die Fettschicht zeigte nach Essigsäure-Behandlung einen geringgradigen Grauschleier. Sensorische Untersuchungen ergaben, daß die Fettschicht eine geringe Geruchsabweichung aufwies.

Bei einer Untersuchung von CARPENTER (1972) an 500 Schweinen erwies sich Essigsäure mit einem pH-Wert von 2,0 als wirksam. Das Behandlungsverfahren führte zu einer Verminderung von zuvor aufgeimpften Salmonellen um 4 log. Essigsäure wird auch mit einem pH-Wert von 2,5 (6%ige Lösung) oder mit pH 2,0 zur Anwendung auf Schweinen aufgrund der deutlich verringerten Oberflächenkeimzahlen empfohlen, obwohl sich Farbveränderungen der Fleischoberfläche einstellten (BIEMULLER et al., 1973). Die Wirkung der Essigsäure kann durch Kombination mit Milchsäure verstärkt werden (RUBIN, 1978). Eine 60 : 40-Mischung aus Essig- und Propionsäure mit einem pH-Wert von 2,3 verursachte keine Farbveränderung auf Schweinen. Die Keimverminderung betrug 2 log und war höher als bei alleiniger Verwendung von Essigsäure (REYNOLDS und CARPENTER, 1974).

Bei Schafen erwiesen sich 6- bis 24%ige Essigsäuresprays gleichprozentigen Milchsäuresprays überlegen (OCKERMAN et al., 1974). Während ein 2%iger Essig- sowie ein 4%iger Propionsäurespray bei Schafen nur mäßige Wirksamkeit zeigten (SMITH et al., 1976), konnte durch ein 10 Sekunden langes Tauchen in eine 55 ^{o}C warme 1,5%ige Essigsäurelösung eine deutliche Keimverminderung um 1,3 log gegenüber den Kontrollen erzielt werden. Im Verlauf der Lagerzeit hielten die getauchten Schafe besser das Aroma, und die Sensorikprüfung am Versuchsende er-

gab keinen Essiggeruch oder Essiggeschmack (EUSTACE et al., 1980). Das Besprühen mit einem 1,5%igen Essigspray bei Temperaturen zwischen 68 °C und 70 °C führte zu einer Verminderung der coliformen Keime um durchschnittlich 2,8 log (EUSTACE, 1981).

Eine vergleichende Untersuchung mit 10 verschiedenen Säuren bei Geflügel ergab, daß ein 6%iger Essigsäuregehalt des Kühlwassers die beste Haltbarkeitsverlängerung bewirkt; die auftretenden Farbveränderungen der Geflügelhaut waren jedoch unakzeptabel (MOUNTNEY und O'MALLEY, 1965).

Übrige Genußsäuren: Die übrigen Genußsäuren werden in der Literatur im Hinblick auf ihre antimikrobielle Wirksamkeit bei Schlachttierkörpern nicht so eingehend behandelt wie die Essigsäure. Die Haltbarkeit von Schlachttierkörpern konnte mit einem Spray, der aus Milch- oder Citronen- oder Ascorbinsäure und deren Derivaten bestand, verlängert werden (van KERREBROECK, 1978). Genußsäuren können auch in Kombination mit hochprozentigen Zuckerlösungen eingesetzt werden (VEKEMANS, 1980). Eine viskose Tauchlösung auf der Basis von Citronensäure und Maltodextrin ist für Rinder zur Haltbarkeitsverlängerung bei fehlender Kühlung für Entwicklungsländer empfohlen worden(THIEL, 1979, 1981). Rinderschlachttierkörper wurden weiterhin mit 1%iger Milchsäurelösung zur Haltbarkeitsverbesserung besprüht. Die typische Zusammensetzung der Bakterienflora der Fleischoberfläche blieb bei dieser Behandlungsmethode erhalten (SNIJDERS et al., 1979). Die Tierkörper sollen vor dem Besprühen gründlich mit Wasser abgebraust werden, um Blutreste zu entfernen, denn Blut wird durch Säuren stets irreversibel dunkelbraun verfärbt. Eine Spraybehandlung kann jedoch auch selektiv auf die Fleischoberflächenflora einwirken. Ein 3%iger Milchsäurespray verminderte zuvor aufgeimpfte Enterobakteriazeen (4 log) bei Schweinen um 2 bis 3 log, während die thermotrophe Laktobazillenflora durch das Sprayverfahren nicht beeinflußt wurde (van NETTEN und MOSSEL, 1980).

Die Oberflächenbehandlung von Schlachttierkörpern ist in jüngster Zeit auch unter dem besonderen Aspekt der Energieeinsparung bei vermindertem Kühlaufwand untersucht worden (TOKAR et al., 1979; LEISTNER, 1980). Dazu sind spraybehandelte Rinderviertel bei Temperaturen zwischen 5 und 20 °C gelagert worden. Durch einen Spray, der 22 % Kochsalz, 12 % Citronensäure und 2 % Ascorbinsäure enthielt, konnte die Haltbarkeit von Rinderschlachttierkörpern wesentlich verbessert werden, wenn sich auch anfänglich Farbabweichungen bei dem behandelten Fleisch einstellten.

Die Haltbarkeit von Geflügel konnte dadurch verlängert werden, daß frisch erschlachtetes Geflügel bis zu 4 Stunden in eine 0,05- bis 0,35%ige Milchsäurelösung getaucht wurde (MURPHY und MURPHY, 1962).

Andere Säuren oder deren Salze: Die Verwendung von anderen Säuren als Genußsäuren zur Behandlung von Schlachttierkörpern ist in der Literatur in weit geringerem Umfang beschrieben worden. Sieht man von den bereits aufgeführten Behandlungsverfahren mit Propionsäure bei Schweinen und Schafen ab (REYNOLDS und CARPENTER, 1974; SMITH et al., 1976), so sind andere Säuren nur beim Geflügel erprobt worden. Signifikante Verminderungen der Oberflächenkeimzahl ließen sich mit bis zu 85 °C heißen Bernsteinsäure-Tauchlösungen in 1- bis 3%igen Konzentrationen erzielen (COX et al., 1974a, b; JUVEN et al., 1974; THOMSON et al., 1976), wobei zuvor aufgeimpfte Salmonellen vollständig inaktiviert wurden. Der Wert solcher Verfahren wird jedoch durch teilweise unakzeptable Veränderungen der Geflügelhaut eingeschränkt. Von erheblicher Bedeutung für die Verbesserung der Haltbarkeit von Fleisch und Fleischprodukten sind die Sorbinsäure bzw. deren Salze. LÜCK (1969, 1972, 1977) führt die allgemein überragende Stellung der Sorbinsäure bei der Behandlung von Lebensmitteln auf ihre toxikologische Unbedenklichkeit und geschmackliche Akzeptanz zurück. PERRY et al. (1964) lösten 7,5 % Sorbinsäure in einem Gemisch aus 70 % Propylenglycol, 10 % Glycerin und 20 % Wasser und be-

sprühten Geflügel mit dem auf 70 °C angewärmten Spray für 2 bis 10 Sekunden, nachdem die Tiere zuvor zur Senkung des Oberflächen-pH-Wertes auf pH 5,5 für 2 Stunden in eine Natriumdihydrogenphosphat-Lösung getaucht worden waren. Auf diese Weise konnte die Haltbarkeit bei 7,2 °C von 5 Tagen auf 18 Tage verlängert werden. Geruchsabweichungen traten bei den sorbinsäurebehandelten Tieren auch bei hohen Keimzahlen, die zwischen 10^6 und 10^7 lagen, nicht auf; ebenso konnten weder Geschmacks- noch Aromaabweichungen vermerkt werden. Auch bei Geflügelbrustteilstücken verlängerte ein einminütiges Tauchbad in 10%iger Kaliumsorbatlösung die Haltbarkeit von < 24 auf > 48 Stunden bei einer Lagertemperatur von 22 °C. Die Hemmwirkung auf zuvor aufgeimpfte Salmonellen erwies sich als signifikant (ROBACH und IVEY, 1978). Von einer Haltbarkeitsverlängerung von 10 auf 19 Tage bei Hühnern unter Verwendung einer 5%igen Kaliumsorbat-Tauchlösung berichtete ROBACH (1979).

2.3.2.3 Behandlung mit Chlorlösungen

Chlorlösungen werden in den USA und in Großbritannien bereits seit geraumer Zeit zur Oberflächenbehandlung von Geflügel routinemäßig eingesetzt. Für die Anwendung ergeben sich viele Variationsmöglichkeiten, und daher muß bei der Bewertung der Ergebnisse nicht allein die verwendete Chlorkonzentration, sondern auch die Applikationsweise berücksichtigt werden.

Chlor kann bei Schlachttierkörpern entweder a) elektrolytisch oder b) als gasförmiges Chlor oder c) aus Hypochloriten oder d) als Chlordioxid angewendet werden (KOTULA et al., 1977). Der antimikrobielle Effekt von Chlor beruht auf dessen starker Oxidationswirkung und der schnellen Bindung an das Eiweiß der Zellen von Mikroorganismen (LÜCK, 1977).

Literaturhinweise über die Behandlung mit Chlorlösungen von Rinderschlachttierkörpern finden sich erst in jüngerer Zeit. Zumeist wird Chlor dabei in einer Konzentration von 200 bis 250 ppm eingesetzt. Bei einer vergleichenden Untersuchung an

96 Rindervorderviertel wurden die Temperaturen, der Spraydruck und der pH-Wert einer 200-ppm-Chlorlösung variiert (KOTULA et al., 1974). Ein Waschen für 30 Sekunden unter einem hohen Druck von 24,6 kg/cm^2 bewirkte mit 3,3 log die höchste Keimzahlverminderung. Das Ansäuern der Chlorlösung auf einen pH-Wert von 4 verminderte die Wirksamkeit des Verfahrens; dagegen verbesserte eine Erhöhung der Waschtemperatur auf 51,7 °C das Ausmaß der Dekontamination. Unter einem Druck von 14 kg/cm^2 ließ sich eine deutliche Keimverminderung um 2,58 log bei einer auf pH 6 angesäuerten 200 bis 250-ppm-Chlorlösung erzielen (MARSHALL et al., 1977). Mit einem relativ großen Anwendungsvolumen von 8,5 l pro Rindervorderviertel (EMSWILER et al., 1976) bzw. mit relativ hohen Anwendungskonzentrationen von bis zu 1000 ppm (STINSON, 1977) sind ebenfalls wirksame Applikationsvarianten beschrieben worden. Es sind aber auch Untersuchungen bekannt, bei denen nur geringfügige oder nicht signifikante Keimzahlverminderungen erzielt worden sind (STEVENSON et al., 1978; TITUS et al., 1978; JOHNSON et al., 1979).

Über das Besprühen mit Chlorlösungen in Konzentrationen von 15 bis 357 ppm ist bei Schlachttierkörpern von Schafen berichtet worden (BAILEY, 1971, 1972). Trotz erhöhter Spraytemperaturen und hohen Drucks erreichte das Ausmaß der Keimzahlverminderung nicht 1 log. Nach anderen Autoren ließen sich signifikante Oberflächenkeimzahl-Verminderungen durch Chlorkonzentrationen zwischen 30 und 450 ppm erzielen, wenn man sie bei Temperaturen zwischen 37 und 80 °C einsetzte (KELLY et al., 1974). Bei einer Untersuchung an 214 Schafen führte die Kombination der Applikationsvarianten Druck und Temperatur dazu, daß ein Besprühen mit 200 ppm Chlor bei 60 °C und 2,81 kg/cm^2 eine Verminderung der Bakterienzahl auf der Oberfläche um 2 log herbeiführte (SMITH et al., 1976). Eine wirksame Anwendungskonzentration ließ sich aber auch schon im 30-ppm-Bereich nachweisen (KELLY et al., 1981).

Untersuchungen an Schlachttierkörpern von Schweinen ergaben,

daß 5 bis 25 ppm Chlordioxidlösungen die Keimzahl um 1 bis 2 log verminderten. Chlordioxid weist eine zusätzliche, die mikrobielle Proteinsynthese hemmende Wirkung bei Mikroorganismen auf (SVOBODA und SCHWERDT, 1978).

Weit verbreitet ist die Anwendung von Chlor bei Geflügel. Hier ist die Wirkung von Tauchlösungen oder Sprays auf Salmonellen von besonderem Interesse. Nach Behandlung mit einer 200-ppm-Chlorlösung war kein Salmonellennachweis mehr möglich, wenn mit $<10^3$ Salmonellen pro Schlachttierkörper beimpft wurde (DIXON und POOLEY, 1961; THOMSON et al., 1967). NILSSON und REGNÉR (1963) beobachteten, daß 20 ppm Chlor im allgemeinen bis zu 10^3 Zellen von Salmonella typhimurium auf Hühnern eliminierten, nicht jedoch ein Inokulum von 10^6 Zellen pro cm^2. Andere Autoren bezweifeln eine eindeutige Hemmwirkung von Chlor auf Salmonellen (WABECK et al., 1968; TEOTIA und MILLER, 1975). Fäkale Streptokokken sowie Staphylococcus aureus wurden bei Geflügel durch ein 20-ppm-Chlortauchbad nicht in der Keimzahl vermindert, während Bakterien der "Coli-Aerogenes"-Gruppe durch dieses Verfahren signifikant vermindert worden sind(PATTERSON, 1968a).

Konzentrationen von Chlor unterhalb 10 ppm sind zur Verminderung des allgemeinen Keimgehaltes unwirksam (SILLIKER et al., 1960; BLOOD und JARVIS, 1974). Bei Geflügel werden dennoch geringe Konzentrationen, aber meist im Bereich von 20 bis 50 ppm, angewendet. Allerdings wird dann in der Regel ein längeres Tauchbad - bis zu 4 Stunden - im Kühl- bzw. Eiswasser vorgenommen. Derartige als erfolgreich beschriebene Verfahren sind in Tabelle 8 zusammengefaßt.

KOTULA et al. (1967) sowie BLOOD und JARVIS (1974) fanden bei solchen Anwendungskonzentrationen jedoch nur geringe, nicht signifikante Wirkungen auf den Keimgehalt von Geflügel.

Tab. 8: Oberflächenbehandlung von Geflügel mit Chlorlösungen

Verfahren	Autoren
Anwendungskonzentration etwa 20 bis 50 ppm Tauchbad (Kühl- bzw. Eiswasser) oder Spray Anwendungszeit bis 4 h	GORESLINE et al. (1951); GUNDERSON et al.(1954); DREWNIAK et al. (1954); ZIEGLER und STADELMAN (1955a); DAWSON et al. (1956); McVICKER et al. (1958); MALLMANN et al. (1959); THOMSON et al. (1967); SANDERS und BLACKSHEAR (1971); MEAD und THOMAS (1973); MAY (1974)

Auch die Wirkung hoher Chlorkonzentrationen ist bei frisch erschlachteten Hähnchen untersucht worden (RANKEN et al., 1965). Dabei wurden Konzentrationen zwischen 50 und 8000 ppm erprobt, und zwar mit dem Ergebnis, daß ein 200-ppm-Chlorbad die Haltbarkeit bei 1 °C Lagertemperatur um 20 % verlängerte. Farbveränderungen der Geflügelhaut stellten sich ab 500 ppm Chlor ein. Zu dem gleichen Ergebnis kam PATTERSON (1968b) unter ähnlichen Versuchsbedingungen bei Verwendung von 200 oder 400 ppm Chlor.

2.3.2.4 Behandlung mit Antibiotika

Die Antibiotikabehandlung von Lebensmitteln allgemein sowie speziell die Oberflächenbehandlung von Schlachttierkörpern mit Antibiotika sind in den 50er Jahren mit sehr großem Interesse verfolgt worden. Derzeit ist die Verwendung von Antibiotika vorwiegend auf medizinische Indikationen beschränkt, so daß heute nur geringes Interesse am Einsatz von Antibiotika zur Lebensmittelkonservierung besteht. Die Literatur zu diesem Anwendungsgebiet wird auszugsweise zitiert.

Die antibakterielle Wirkung von Antibiotika auf die bei Schlacht-

tierkörpern vorkommenden Mikroorganismen ist beträchtlich. So läßt sich die Haltbarkeit von Schlachttierkörpern durch Antibiotikabehandlung um das Doppelte bis Dreifache verlängern (KOHLER et al., 1955; ZIEGLER und STADELMAN, 1955b; AYRES et al., 1956; MEYER et al., 1959; SILLIKER et al., 1960). In der Literatur, die vorwiegend die Anwendung von Antibiotika bei Geflügel beschreibt, werden meist nur geringe Anwendungskonzentrationen im Bereich zwischen 5 und 30 ppm genannt. Es lassen sich sogar mit 0,5 ppm Terramycin- und mit 0,5 ppm Chloromycetinlösungen bei Rindfleisch nach einem 30-Sekunden-Tauchvorgang nachweisbare Haltbarkeitsverlängerungen erzielen (GOLDBERG et al., 1953). Eine 3 ppm Chlortetracyclinlösung bewirkt bei Geflügel eine deutliche Haltbarkeitsverlängerung(AYRES et al., 1956). Am häufigsten sind Antibiotika aus der Reihe der Tetracycline untersucht worden, allerdings ist das Spektrum der untersuchten Substanzen sehr weit gefächert. Noch heute sind die Antibiotika Pimaricin und Nisin bei Lebensmitteln gebräuchlich (nicht bei Schlachttierkörpern), vor allem bei Käse und Gemüseprodukten, in einigen Ländern außerhalb der Bundesrepublik Deutschland auch zur Oberflächenbehandlung von Fleischerzeugnissen (LÜCK, 1977).

2.3.2.5 Andere Behandlungsverfahren

Bei Schweinen ist eine Oberflächenbehandlung mit Wasserstoffperoxid und Zinnchlorid erprobt worden (CARPENTER, 1972; BIEMULLER et al., 1973). Die jeweils 5%igen Sprays führten zu einer Dekontamination von 2 log; Wasserstoffperoxid erzeugte jedoch nicht akzeptable Farbveränderungen durch Bleichen, während die Anwendung von Zinnchlorid als toxikologisch bedenklich angesehen wird. Es ist auch versucht worden, Schweine einer Infrarotbestrahlung in einem Tunnel auszusetzen (SNIJDERS und GERATS, 1977). Bei 60 Sekunden langer Bestrahlung betrug die Verminderung der aeroben Keimzahl zwischen 0,8 und 0,9 log. Die Gewichtsverluste als Folge der Behandlung lagen bei 0,4 %. Veränderungen hinsichtlich des Aussehens können auftreten.

Eßbare Agar- und Carrageenüberzüge sind bei Geflügel schon vor geraumer Zeit erprobt worden (MEYER et al., 1959). Bei erhöhten Lagertemperaturen von 12,8 und 23,8 °C können diese Verfahren den mikrobiellen Verderb nicht entscheidend aufhalten, vielmehr wird derartigen Überzügen als Trägersubstanz für andere Wirkstoffe Bedeutung beigemessen. Eine Verdoppelung der Haltbarkeit kann dadurch erzielt werden, daß dem Kühlwasser für Geflügel 100 Millionen Laktobazillen pro ml zugesetzt werden (SILLIKER et al., 1960). Vom Einsatz von Röntgenstrahlen und Mikrowellen zur Haltbarkeitsverlängerung bei Geflügel wird ebenfalls berichtet (TEOTIA und MILLER, 1975). So sind Schlachttierkörper von Truthähnen und Teilstücke davon sowie Hähnchen diesen Behandlungsverfahren ausgesetzt worden. Dabei verminderten 80.000 r aufgeimpfte Salmonellen unerheblich, hingegen zerstörten Mikrowellen Salmonellen und andere Bakterien innerhalb von 120 Sekunden, wenn auch unter unakzeptablen Oberflächenveränderungen. In neuerer Zeit wird auch der Einsatz von Gamma- oder Elektronenstrahlen zur Ausschaltung der Salmonellen bei Geflügel vermehrt empfohlen (KAMPELMACHER, 1983).

Bei Geflügel ist auch eine Vielzahl haltbarkeitsverbessernder chemischer Substanzen erprobt worden. Einige der als wirksam befundenen Substanzen werden in Tabelle 9 aufgeführt.

Tab. 9: Substanzen, die bei Geflügel zur Keimhemmung erprobt worden sind

Substanzen	Autoren
Polyphosphate	SPENCER und SMITH, 1962 ELLIOTT et al., 1964 KOHL und ELLINGER, 1973
ß-Propiolakton	THOMSON et al., 1967
Lysozym EDTA	TEOTIA und MILLER, 1975
Glutaraldehyd	THOMSON et al., 1977
Jodoacetamid Chloracetamid	ISLAM et al., 1978
Hexamethylenbiguanid-hydrochlorid	ISLAM und ISLAM, 1979

2.4 Bestimmung der Oberflächenkeimzahl von Schlachttierkörpern

Bei der Bestimmung der Oberflächenkeimzahl von Schlachttierkörpern lassen sich die Auswahl der Probeentnahmestelle, das Probeentnahmeverfahren sowie das Anlegen der kulturellen Keimzählung als getrennte Arbeitsgänge unterscheiden.

2.4.1 Probeentnahmestelle

Die Probeentnahmestelle soll den mikrobiologischen Zustand der entsprechenden Tierkörperoberfläche repräsentieren. Die Verteilung der Mikroorganismen ist allerdings quantitativen Schwankungen ausgesetzt (LEISTNER, 1956; LEISTNER et al., 1981). Dabei sind bestimmte Tierkörperoberflächen, je nach Schlachttechnik, stärker kontaminiert (KLEIN, 1968; ROBERTS, 1976; ROBERTS et al., 1980). Die Oberflächen mit dem höchsten mikrobiellen Kontaminationsgrad sind innerhalb desselben Schlachtbetriebes meist die gleichen, doch variieren sie von Schlachtbetrieb zu Schlachtbetrieb beträchtlich (ROBERTS et al., 1980). Man muß darüber hinaus erwarten, daß sich die Stellen maximaler Keimbelastung im Laufe der Lagerzeit verschieben (LEISTNER et al., 1981). Solche "kritischen" Oberflächen limitieren die Haltbarkeit des gesamten Schlachttierkörpers. Einige Autoren geben bei ihren Untersuchungen bestimmte Entnahmestellen als maximal kontaminiert an. Dabei werden die Halsunterseite (ELMOSSALAMI, 1957), das Sternum (BENKEN, 1962) und die Regio xiphoidea (DORER, 1973) genannt. Die höchsten Keimzahlen findet man stets auf denjenigen Oberflächen, die während des Erschlachtens mit anderen Gegenständen in Berührung kommen, das gilt besonders für die Anschnittstellen der Muskeln im inneren Nacken- und Wirbelsäulenbereich (STRINGER et al., 1969). Das kann einerseits auf den hohen Kontaminationsgrad der Bedarfsgegenstände mit psychrophilen Keimen zurückgeführt werden (HESS und LOTT, 1970), andererseits weisen Muskelanschnittstellen einen sehr hohen Oberflächen-a_w-Wert auf (KRISPIEN, 1978), und dadurch wird die Keimvermehrung begünstigt. Vergleicht man bei Rindern den Keimgehalt der Vorderviertel mit

Hintervierteln, so läßt sich ein signifikant höherer Keimgehalt bei den Vordervierteln statistisch sichern (KOTULA et al., 1975). Die angeschnittene Muskulatur der Schlachttierkörper, vor allem im Nacken- und Brustbereich, weist stets einen höheren Keimgehalt als die Oberfläche der unversehrten Muskulatur auf (MULDER und KROL, 1976b). Bei höheren Lagertemperaturen sind vier verschiedene Entnahmestellen von Rindern während 6 Tagen Lagerung untersucht worden, wobei sich die angeschnittene Muskulatur als "Problemregion" erwies (OSTHOLD et al., 1982). Die Fettabdeckung blieb auch bei einer Lagertemperatur von 15 °C mikrobiologisch stabil. Sie kann aufgrund eines niedrigen a_w-Wertes als eine Art Schutzschicht gegenüber dem mikrobiellen Verderb aufgefaßt werden (RÖDEL et al., 1980a, b).

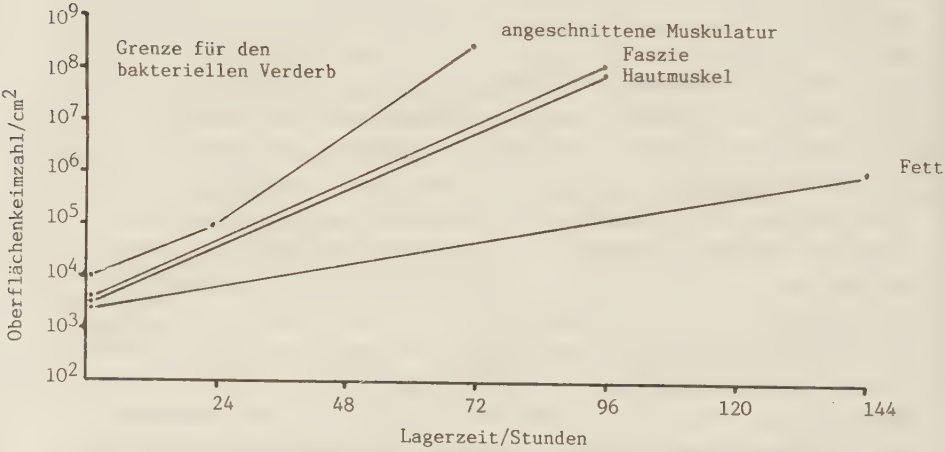


Abb. 6: Keimzahlenanstieg (Tendenzkurve) auf angeschnittener Muskulatur, unversehrter Muskulatur (Hautmuskel), Faszie und der Fettschicht auf Schlachttierkörpern von Rindern, die unbehandelt bei 15 °C und 92 - 97 % relativer Feuchtigkeit gelagert worden sind (OSTHOLD et al., 1982)

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Oberfläche von Schlachttierkörpern uneinheitlich kontaminiert ist. Höchste mikrobielle Belastungen, besonders im Verlauf der Lagerung, werden vor allem an der ungeschützten, angeschnittenen Muskulatur angetroffen. Sollen Aussagen über die hygienische Qualität des gesamten Tierkörpers gemacht und durch Keimzahlen belegt werden, so müssen folglich die Probeentnahmestellen beschrieben und die Streubereiche der Keimzahlen ermittelt werden. Zur Beurteilung der Keimbelastung des gesamten Tierkörpers sollte jeweils ein tierartspezifischer "Probeentnahmeplan" mit mehreren Probeentnahmestellen herangezogen werden (HYYTIÄINEN et al., 1975; LEISTNER et al., 1981).

2.4.2 Probeentnahmeverfahren

Die Probeentnahmeverfahren können in destruktive oder Abtrageverfahren und in nichtdestruktive Verfahren unterteilt werden (STRASSER, 1979; SIBOMANA, 1980). Dabei ist die Abtragemethode allen anderen Verfahren für eine sichere Aussage überlegen (INGRAM und DAINTY, 1971; STRASSER, 1979; SIBOMANA, 1980). Die Abtragemethode ist jedoch in der Praxis nur begrenzt einsatzfähig, da unter Substanzverlust quantitativ Fleischoberflächenmaterial entnommen werden muß, was sichtbare Defekte am Tierkörper hinterläßt. Das Verfahren ist jedoch angezeigt, wenn Angaben über den tatsächlichen Keimgehalt gefordert werden (SIBOMANA, 1980). Nach erfolgter Entnahme muß das Probenmaterial mit einer Verdünnungsflüssigkeit homogenisiert werden, wobei die Probenzerkleinerungsmethodik mit dem Ultra Turrax dem Mörserverfahren vorzuziehen ist (SINELL et al., 1966). Untersuchungen von BEYER (1979) an vakuumverpacktem Rindfleisch ergaben, daß der von SHARPE und JACKSON (1972) entwickelte Stomacher wiederum signifikant höhere Keimzahlen als der Ultra Turrax liefert.

Die nichtdestruktiven Verfahren belassen die zu untersuchende Fleischoberfläche intakt und werden nach CORETTI (1966) in

Abstrich- oder Abwischverfahren (Tupfer), Abdruck- oder Abklatschverfahren, Abspül- oder Abschwemmverfahren, Abkratz- oder Abschabeverfahren und Direktverfahren oder Direkt-Aufgußverfahren eingeteilt. Mit diesen Probeentnahmeverfahren läßt sich jedoch nur ein Teil der tatsächlich auf dem Fleisch vorhandenen Mikroorganismen erfassen. Der Korrelationskoeffizient der Gesamtkeimzahl zwischen dem Abtrage- und dem Abspülverfahren betrug r = 0,98 (STRASSER, 1979)oder 0,86 (ZUTTER et al., 1982). Mit diesen Probeentnahmeverfahren hat sich SIBOMANA (1980) im Rahmen einer Dissertation eingehend befaßt.

2.4.3 Kulturelle Keimzählung

Das Anlegen der kulturellen Keimzählung erfolgt durch Verdünnungsreihen, gewöhnlich in Verdünnungsstufen von 1 : 10, wobei der Röhrchenverdünnungsmethode gegenüber dem Demeterverfahren der Vorzug gegeben wird (SINELL et al., 1966). Das Oberflächenkultivierungsverfahren erfaßt gegenüber dem Plattengußverfahren signifikant höhere Keimzahlen (SINELL et al., 1965). Die sich anschließende temperaturgerechte Bebrütung mit geeigneten Nährböden ist Voraussetzung für die Bestimmung der "Keimzahl".

2.4.4 Schnellmethoden

BEM et al. (1976) fanden bei der Bestimmung der Gesamtkeimzahl auf Fleischoberflächen überwiegend eine sehr gute Übereinstimmung der mikroskopischen Keimzahl mit dem kulturellen Verfahren. Der Vorteil einer solchen Schnellmethode ist die relativ einfache und kostengünstige Durchführung sowie das kurzfristige Vorliegen eines Ergebnisses. Darüber hinaus sind weitere Schnellmethoden entwickelt und auch für die Keimzahlbestimmung von Fleischoberflächen erprobt worden (BEM et al., 1976; LEISTNER, 1979; STRASSER, 1979), die zumindest zum Teil für orientierende Untersuchungen durchaus geeignet erscheinen: Reduktionsmethoden, Trübungsmessung, Messung der ATP-Konzentration, Impedance-Messung, Mikrokalorimetrie sowie radiometrische Methoden.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Ein Teil der experimentellen Arbeiten wurde im Institut für Mikrobiologie,Toxikologie und Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, durchgeführt. Es handelt sich dabei um die Modellversuche (3.3.1) sowie um die Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Rindern bei 25 und 35 °C Lagertemperatur (3.3.2.3 und 3.3.2.4).

Der andere Teil der experimentellen Arbeiten ist im Schlachthof von Ferkessédougou an der Elfenbeinküste, West-Afrika, durchgeführt worden, und zwar die Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Rindern bei 10 und bei 15 °C Lagertemperatur (3.3.2.1 und 3.3.2.2).

Im Sanitätsschlachthof des Lebensmitteluntersuchungsamtes von Nicosia,Zypern, fanden die experimentellen Arbeiten zu den Lagerversuchen mit Schlachttierkörpern von Schafen (3.3.3.1) sowie die experimentellen Arbeiten zur Beeinflussung des pH-Wertes von Fleischoberflächen durch einen Säurespray statt (3.3.3.2).

3.1 Material

In den Modellversuchen sind zahlreiche Sprays jeweils auf portioniertes Warmfleisch von Rindern (Oberschalenstücke zu je 500 g Gewicht) gesprüht worden.

Für die Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Rindern und Schafen wurde schlachtwarmes Fleisch verwendet: Die Tierkörper wurden nach dem Erschlachten mit Spray behandelt und anschließend bei Temperaturen von 10, 15, 25 und 35 °C gelagert. Das Besprühen erfolgte am Ort der Lagerung (Kühlraum oder Klimaraum), wobei die Tierkörper, ohne sich zu berühren, in herkömmlicher Weise am Haken aufgehängt waren. Nach erfolgter Einlagerung unterblieb ein weiteres Berühren, um nachträgliche mikrobielle Kontamination zu vermeiden.

Als Untersuchungsmaterial diente Rindfleisch aus Normalschlachtungen des Schlachthofes Kulmbach, sofern es sich um die Modellversuche (3.3.1) und die Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Rindern bei 25 und 35 °C Lagertemperatur (3.3.2.3 und 3.3.2.4) handelte. Insgesamt fanden hierbei etwa 50 kg Oberschale und 10 Rindervorderviertel mit Schlachtgewichten zwischen 65 und 80 kg Verwendung.

Die Schlachttierkörper gelangten unmittelbar nach der Fleischuntersuchung und dem Abduschen (Druck an der Düse der Handdusche zwischen 4 und 5 atü; Waschvorgang etwa 20 Sekunden pro Tier) zum Besprühen in einen 18,5 m^3 großen Klimaraum der Bundesanstalt für Fleischforschung. Der Sprühvorgang fand etwa 1 bis 2 Stunden nach dem Tod der Schlachttiere statt.

In den übrigen Lagerversuchen bei 10 und 15 °C mit Schlachttierkörpern von Rindern (3.3.2.1 und 3.3.2.2) dienten Zeburinder aus Schlachtungen des Abattoir frigorifique de Ferkessédougou, Elfenbeinküste, als Untersuchungsmaterial. Die Tiere stammten aus einer unmittelbar benachbarten Rindermastanstalt der SODEPRA, Ferkessédougou. Die in diesen Lagerversuchen verwendeten Tiere gelangten ausgeruht zur Schlachtung, da sie bereits am Tage zuvor in die Schlachthofstallungen eingebracht worden waren. Die Schlachttierkörperhälften wiesen kaum Fettabdeckungen auf und die Schlachtgewichte der Hälften lagen zwischen 80 und 100 kg. Insgesamt gelangten hierbei 50 Rinderhälften zur Untersuchung. Auch die Tiere dieser Lagerversuche wurden unmittelbar nach der Fleischuntersuchung und dem Abduschen (Druck an der Düse der Handdusche etwa 3 atü; Waschvorgang etwa 20 bis 30 Sekunden pro Tier) in einen 57 m^3 großen Kühlraum gebracht und konnten so 1 bis 2 Stunden nach dem Tod der Schlachttiere besprüht werden. Einzelheiten über die Lagerungsbedingungen sind im Ergebnisteil (3.3.2.1, 3.3.2.2) aufgeführt.

Für die Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Schafen (3.3.3.1) dienten 5 Awassi-Schafe als Untersuchungsmaterial. Die unausgeruht zur Schlachtung geführten Tiere wurden nach

der Schlachtung nicht geduscht und sind etwa 1 Stunde nach dem Tod mit Spray behandelt und in einem 36 m^3 großen Kühlraum eingelagert worden. Die Lagerbedingungen werden im Ergebnisteil (3.3.3.1) aufgeführt.

3.2 Methodik

Zum Besprühen der portionierten Fleischstücke sowie auch der Schlachttierkörper ist eine einfache Druckspritze mit einem Fassungsvermögen von 1,5 l, und zwar die "BLITOL-Spritze"(R) (Fa. SPIESS, Kleinkarlbach) verwendet worden (Abbildung 7). Hersteller des Gerätes ist die dänische Firma GINGE-RAADVAD A/S, Brønderslev. Mittels eines Druckkolbens wird in der Spritze durch Pumpbewegungen ein Druck bis zu 0,25 Mpa erzeugt. Bei Betätigung des Öffnungsventils wird der Inhalt in feintröpfigem,

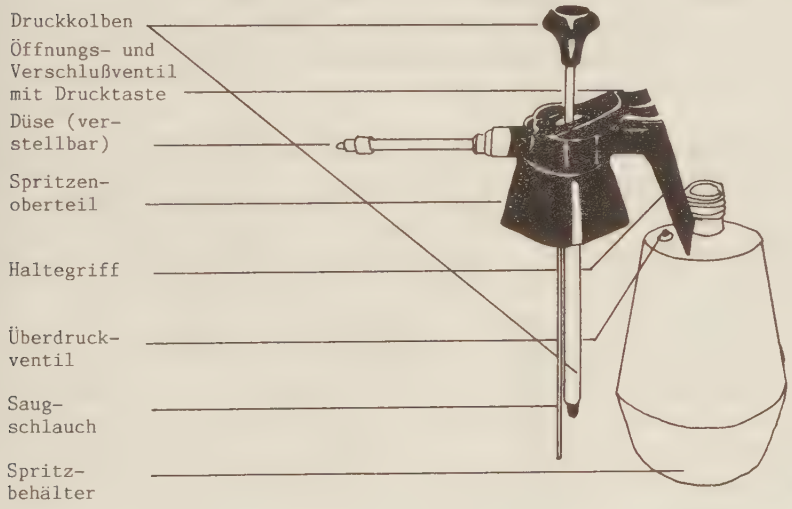


Abb. 7: Schnittzeichnung der "BLITOL-Spritze"(R), die in den durchgeführten Versuchen zum Besprühen des Fleisches verwendet worden ist

kugelförmigem Nebel mit einer Reichweite bis zu 60 cm und einer Sprühbreite bis zu 40 cm versprüht. Die Spritze ermöglichte stets ein "tropfnasses" Besprühen des Fleisches. Nach Angaben des Herstellers liegt bei Einstellung zur Feinverstäubung und bei einem Druck von 0,20 Mpa ein mittlerer Tröpfchendurchmesser von 0,33 mm vor, und zwar mit 35,3 % (Verteilung nach Volumen) in der Größe von 0,1 bis 0,3 mm, mit 41,2 % in der Größe von 0,3 bis 0,5 mm und mit 17,9 % in der Größe von 0,5 bis 0,7 mm. Ein Druck unter 0,12 Mpa ist vermieden worden, da dann die Zerstäubung unregelmäßig wird.

3.2.1 Versuchsanordnung

Im Hinblick auf die Untersuchungen zur Haltbarkeitsverlängerung von Sprays bei Schlachttierkörpern ist zunächst (1. Versuchsreihe) eine Reihe Substanzen auf ihre Eignung hierzu im Modell an Warmfleisch geprüft worden. Somit konnten zwei in ihrer Wirksamkeit herausragende Spraykombinationen gefunden werden, die in der 2. und 3. Versuchsreihe an Schlachttierkörpern von Rindern bzw. Schafen erprobt wurden.

1. Versuchsreihe: Modellversuche an portioniertem Warmfleisch

In diesen Modellversuchen (3.3.1) sind die in Tabelle 10 aufgeführten Substanzen in unterschiedlichen Kombinationen in wäßriger Lösung als Spray eingesetzt worden. Diese Sprays wurden auf Rindfleischscheiben (etwa 2 cm dick) beidseitig aufgesprüht, die frei an einem Faden hängend bei 10 oder 15 °C und 90 bis 95 % relativer Luftfeuchtigkeit bis zum "Verderb" gelagert worden sind. Dabei standen für jeden Spray jeweils 2 portionierte Warmfleischstücke (zu je 500 g) zur Verfügung. Zum Besprühen aus 20 bis 25 cm Entfernung mit den auf 20 °C temperierten Sprays ist stets darauf geachtet worden, daß die Fleischoberfläche vollständig (tropfnaß) benetzt wurde. Für das portionierte Warmfleisch waren dazu etwa 15 ml notwendig. Die Haltbarkeitsgrenzen des sprühbehandelten Fleisches und des Kontrollfleisches sind nach sensorischen Kriterien ermittelt und durch Bestimmung der Oberflächen-Gesamtkeimzahl ergänzt worden.

Tab. 10: Chemische Substanzen, die für die Spray-Versuche verwendet worden sind; die Herkunft bzw. Bezugsquelle dieser Substanzen ist aufgeführt

Anorganische Verbindungen			
Natriumchlorid, krist.	MERCK*	Art.-Nr.	6404
tetra-Natriumdiphosphat-10-hydrat	"	"	6591
Natriumdisulfit, trocken	"	"	6528
Natriumhypochloritlösung (etwa 13 % aktives Chlor)	"	"	5614
Organische Verbindungen			
DL-Apfelsäure	"	"	383
Ascorbinsäure, fein gepulvert, reinst	"	"	500078
Bernsteinsäure pA	"	"	682
Calciumpropionat, Pulver für Lebensmittelzwecke	Dr. PAUL LOHMANN**	"	4020
Citronensäure-1-hydrat,krist.	MERCK*	"	242
L-Cystein für bioch. Zwecke	"	"	2838
Essigsäure mind. 96 %	"	"	63
Gerbsäure (Tannin), reinst	"	"	771
Glycerin (etwa 87 %) pA	"	"	4094
Kaliumsorbat, Pulver	"	"	5118
Milchsäure etwa 90 %, reinst	"	"	366
Natriumacetat, wasserfrei	"	"	6268
Natriumbenzoat, gepulvert DAB 7	"	"	6290
tri-Natriumcitrat-2-hydrat	"	"	6448
Natriumsalz des 4-Hydroxybenzoesäure-propylester (PHB-Ester)	"	"	7428
Natriumlactatlösung etwa 50 %, rein	"	"	6522
Natriumpropionat, Pulver für Lebensmittelzwecke	Dr. PAUL LOHMANN**	"	1337
Natriumpyruvat für bioch. Zwecke	MERCK*	"	6619
Propandiol (1,3) pA	"	"	7481
Saccharose, reinst	"	"	7653E
Weinsäure, krist.	"	"	802
Hilfsstoffe			
Emulfluid A (Emulgator auf Lecithinbasis)	LUCAS MEYER***		
Tween 80 pA	MERCK*	"	822187

*: MERCK, Darmstadt; ** :Dr. PAUL LOHMANN, Emmerthal; ***:LUKAS MEYER, Hamburg

2. Versuchsreihe: Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Rindern

In dieser Versuchsreihe sind jeweils die linken Seiten der Schlachttierkörper von Rindern, Hälften oder Vorderviertel, mit einem "Sorbatspray" in der unten angegebenen Zusammensetzung behandelt worden. Der Sprühvorgang erfolgte bei den Schlachttierkörpern wie in den Modellversuchen, jedoch waren für eine Rinderhälfte etwa 400 bis 500 ml Spray bzw. etwa 250 ml Spray pro Rindervorderviertel erforderlich. Die rechten Tierkörperhälften bzw. -vorderviertel dienten als Kontrollen.

Zusammensetzung des Sorbatsprays:

20 % Kaliumsorbat-Pulver für Lebensmittel
5 % Natriumacetat, wasserfrei pA
5 % Natriumchlorid, krist. pA
ad 100 % Wasser (Leitungswasser)

Die Herkunft oder Bezugsquelle der genannten Substanzen wird in Tabelle 10 aufgeführt.

Herstellung des Sorbatsprays: Zur Herstellung des Sorbatsprays ist der Magnetrührer IKA-COMBIMAG RCT (Fa. JANKE & KUNKEL, Staufen) verwendet worden. Zur Herstellung von 10 kg Sorbatspray werden zunächst 7 kg Wasser eingewogen, darin werden 2 kg Kaliumsorbat gelöst. Sodann werden 500 g Natriumacetat zugesetzt und gelöst. Die zuletzt zugesetzten 500 g Natriumchlorid erfordern für eine vollständige Lösung einen längeren Rührvorgang, der bis zu 5 Minuten betragen kann.

Die Untersuchungsreihe Sorbatspray und 10 °C Lagertemperatur (3.3.2.1) fand unter Feldbedingungen statt. Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur wurden hier und in den Versuchsreihen 3.2.2.2 bis 3.3.2.4 sowie in der Versuchsreihe 3.3.3.1 mit dem Feuchte- und Temperaturmeßgerät MIK 2000 (Fa. NOVASINA, Zürich) gemessen. Die Messung der Luftströmungsgeschwindigkeit erfolgte mit dem Hitzedraht-Anemometer (Fa. WALLAC, Turku, Finnland). In dieser Untersuchungsreihe konnten die Schlachttierkörper von 7 Rindern

eingesetzt werden, von jedem Tierkörper wurde die eine Hälfte besprüht und die andere Hälfte diente als Kontrolle. Neben der Gesamtkeimzahl wurde die Enterobakteriazeen-Zahl der Fleischoberfläche bestimmt.

Unter sonst gleichen Bedingungen wurde die Untersuchungsreihe Sorbatspray und 15 °C Lagertemperatur (3.3.2.2) durchgeführt. Hier wurden die Schlachttierkörper von 18 Rindern gelagert, wobei sich die bakteriologischen Untersuchungen auf die Bestimmung der Gesamtkeimzahl beschränkten.

Die Untersuchungsreihe Sorbatspray und 25 °C Lagertemperatur (3.3.2.3) fand unter Laborbedingungen an den Schlachttierkörpern von 2 Rindern im Klimaraum der Bundesanstalt für Fleischforschung statt. Neben der Gesamtkeimzahl wurden die Pseudomonaden, die Enterobakteriazeen und die Mikrokokken bestimmt.

Unter sonst gleichen Bedingungen ist auch die Untersuchungsreihe Sorbatspray und 35 °C Lagertemperatur (3.3.2.4) vorgenommen worden. Es wurden Schlachttierkörper von 3 Rindern gelagert. Zur Erstellung eines mikrobiologischen Profils wurde die Gesamtkeimzahl bestimmt sowie die Pseudomonaden, Enterobakteriazeen, Mikrokokken, Laktobazillen, Enterokokken, Bazillen und Hefen quantitativ nachgewiesen.

3. Versuchsreihe: Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Schafen

In dieser Versuchsreihe sind 5 Schlachttierkörper von Schafen mit dem im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten "Säurespray" behandelt und bei 10 °C gelagert worden. Der Ausdruck "Säurespray" wird im folgenden für den Spray in der unten angegebenen Zusammensetzung verwendet. Mit diesem Spray ist jeweils nur die linke Seite eines Schlachttierkörpers behandelt worden; die rechte Seite diente als Kontrolle.

Zusammensetzung des Säuresprays:

2,0 % Essigsäure, mind. 96 % pA

1,1 % Milchsäure, etwa 90 % reinst
(≙ 1,0 % 100%iger Milchsäure)

0,25 % Citronensäure-1-hydrat pA

0,1 % L(+)-Ascorbinsäure pA

ad 100 % Wasser (Leitungswasser)

Die Herkunft oder Bezugsquelle der genannten Substanzen wird in Tabelle 10 aufgeführt.

Herstellung des Säuresprays: Zur Herstellung von 10 kg Säurespray werden zunächst 9,655 kg Wasser in ein Gefäß gegeben; anschließend werden die festen Inhaltsstoffe des Sprays, und zwar 25 g Citronensäure und 10 g Ascorbinsäure, zusammen hinzugefügt und durch kurzes Umrühren vollständig gelöst. Nach Zugabe der übrigen flüssigen Inhaltsstoffe, und zwar 200 g Essigsäure und 110 g Milchsäure, ist der Säurespray nach kurzem Umrühren fertiggestellt. Da die Inhaltsstoffe teilweise flüchtig sind, ist der Säurespray unmittelbar nach Fertigstellung angewandt worden.

Die Untersuchungsreihe Säurespray und 10 °C Lagertemperatur bei Schafen (3.3.3.1) wurde im Kühlraum des Sanitätsschlachthofes des Lebensmitteluntersuchungsamtes von Nicosia, Zypern, durchgeführt. Es konnten 5 Tiere gelagert und dabei die Gesamtkeimzahlen bestimmt werden. Von jeder Probeentnahmestelle wurden täglich 2mal die Gesamtkeimzahlen bestimmt, so daß von 5 Tierkörperhälften von jeder Probeentnahmestelle täglich 10 Gesamtkeimzahlen vorlagen (n = 10). Die Schafhälften wurden - wie oben beschrieben - mit Säurespray behandelt, wobei pro Hälfte etwa 300 ml Spray verwendet wurden.

Zur Ermittlung des pH-Wert-Verlaufs der Fleischoberflächen (3.3.3.2) standen für die Untersuchungsreihe Säurespray und pH-Wert von Fleischoberflächen 3 gespaltene Schlachttierkörper von Schafen zur Verfügung, deren linke Hälften mit Säurespray behandelt wurden und deren rechte Hälften unbehandelt blieben.

Die Oberflächen-pH-Werte sind an fünf repräsentativen Tierkörperoberflächen ermittelt worden:

- angeschnittene Muskulatur (Anschnittflächen mehrerer Muskeln der Tierkörperoberfläche der Innenseite im Halsbereich)
- unversehrte Muskulatur (Musculus cutanaeus trunci mit intaktem Epimysium)
- Faszie über Muskulatur (Rumpf)
- Pleura (Brustfell zwischen den Rippen)
- Peritoneum (Bauchfell über den Bauchmuskeln).

Die Messungen erfolgten nach einer Stunde, nach 6 bis 8, etwa 24 und etwa 48 Stunden nach dem Schlachtvorgang. Dabei sind pro Tierkörperoberfläche zu jedem Meßzeitpunkt jeweils 5 Messungen vorgenommen und gemittelt worden.

4. Versuchsreihe: Ergänzende Untersuchungen zur Ermittlung des Oberflächenkeimgehaltes

In dieser Versuchsreihe sollte der Keimgehalt direkt unterhalb der entnommenen 2 bis 3 mm dicken Fleischproben ermittelt werden, die zur Bestimmung der Oberflächenkeimzahl mit dem "destruktiven Abtrageverfahren" herangezogen wurden. Angaben über den Keimgehalt des Fleisches unmittelbar unter diesen Probeentnahmestellen liegen in der Literatur nicht vor. Andererseits können Bakterien von der Fleischoberfläche in das Fleischinnere penetrieren (siehe 2.2), so daß dort ein gewisser Keimgehalt zu erwarten ist.

Wenn die Wirkung einer Spraybehandlung über die Ermittlung des Oberflächenkeimgehaltes nachgewiesen werden soll, muß sichergestellt sein, daß die Keimgehalte des Fleisches unter den Probeentnahmestellen so gering sind, daß sie auf die Bestimmung der Oberflächenkeimzahl keinen Einfluß haben.

Im Rahmen dieser Versuchsreihe sind zwei zuvor als Kontrollen bei 25 °C gelagerte Rindervorderviertel untersucht worden, und zwar die Entnahmestellen "unversehrte Muskulatur" und "Faszie über Muskulatur".

Unter Abflammen der Einschnittstellen und mehrfachem Auswechseln jeweils steriler Skalpelle (OCKERMAN et al., 1969) wurden mehrere etwa handtellergroße und ca. 3 mm dicke Fleischscheiben abgetragen. Die auf diese Weise unter aseptischen Bedingungen freigelegte frische Fleischoberfläche stellt das Gewebe dar, das direkt unter der zur Probeentnahme verwendeten Oberfläche liegt. Die Keimgehalte dieser freigelegten Fleischoberflächen konnten sodann mit dem "destruktiven Abtrageverfahren" bestimmt und somit der Keimgehalt in etwa 3 bis 6 mm Tiefe ermittelt werden.

3.2.2 Keimzahlbestimmung

3.2.2.1 Probeentnahmestelle

Zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit (Haltbarkeit) wurde die sensorische Prüfung des Tierkörpers herangezogen und durch die Bestimmung der Oberflächenkeimzahlen ergänzt (SINELL,1971; BEYER, 1979). Dabei wurden die Oberflächenkeimzahlen von drei Tierkörperentnahmestellen nach folgendem Probeentnahmeplan bestimmt:

1. Probeentnahmestelle

- "angeschnittene Muskulatur" (repräsentierte die Anschnittflächen mehrerer Muskeln der Tierkörperoberfläche an der Innenseite im Halsbereich)

Bei dieser Probeentnahmestelle ist, wenn bei der sensorischen Überprüfung ein unterschiedlicher Verderbnisgrad feststellbar war, stets eine Probe aus dem am weitesten fortgeschrittenen Verderbnisbereich gewählt worden.

2. Probeentnahmestelle

- "unversehrte Muskulatur" (M. cutanaeus trunci mit intaktem Epimysium)

Für diese Probeentnahmestelle ist ein Probeentnahmeverfahren entwickelt worden, das die Probeentnahme standardisieren sollte. Die Sammelprobe (2 x 5 cm^2) ist nach folgender Methode gewonnen worden: In einer gedachten, geraden Linie - senkrecht zur Wirbelsäule - wurde die erste Einzelprobe von 5 cm^2 täglich fortlaufend, von ventral (Tag O) beginnend nach dorsal fortführend (bis Tag X), gewonnen. Die zweite Einzelprobe von 5 cm^2 wurde entsprechend, jedoch in einer zweiten gedachten Linie, cranial der ersten gelegen, von dorsal (Tag O) beginnend, nach ventral fortführend (bis Tag X), gewonnen (siehe Abbildung 8).

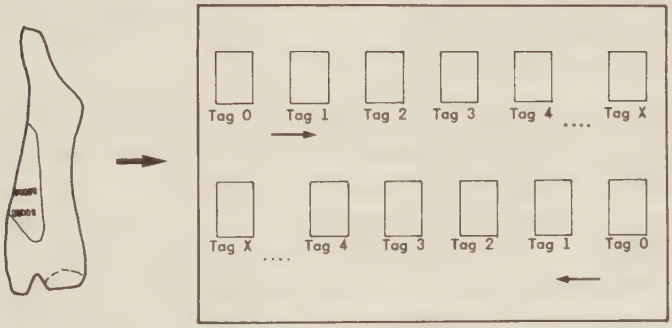


Abb. 8: Darstellung der täglichen Probeentnahmen bei der Probeentnahmestelle "unversehrte Muskulatur"

3. Probeentnahmestelle

- "Faszie über Muskulatur" (Rumpf)

Der zufällige mikrobielle Kontaminationsgrad ist innerhalb der Probeentnahmestelle "Faszie über Muskulatur" zwar ebenfalls unregelmäßig verteilt; ein unterschiedlicher Verderbnisgrad konnte jedoch nach eigenem Eindruck nach sensorischen Untersuchungskriterien nicht ermittelt werden (außer bei fortgeschrittenem Verderb). Daher wurde die dritte Probeentnahmestelle stets gewechselt. Die Proben wurden von der Faszie im Bereich der Rückenmuskulatur entnommen.

Von jeder Probeentnahmestelle wurde täglich eine Sammelprobe von 10 cm^2 (2 Einzelproben zu je 5 cm^2) mittels Schablone als Fleischoberflächenprobe von 2 bis 3 mm Tiefe gewonnen ("destruktives Abtrageverfahren"). Bei jeder Probeentnahme sind sterile Gerätschaften, d. h. Schablone, Skalpell, Pinzette und Folienbeutel verwendet worden.

3.2.2.2 Probenaufbereitung

Verdünnung: Nach dem Einbringen der Einzelproben (2 x 5 cm^2) in einen Folienbeutel "Stomacher 80 Bag" (Fa. SEWARD, London) ist die Sammelprobe (10 cm^2) mit 10 ml einer sterilen 0,85%igen Kochsalzlösung verdünnt worden, so daß eine 1 : 1 Grundverdünnung vorlag ($cm^2 \hat{=} ml$).

Homogenisieren und Anlegen von Verdünnungsreihen: Anschließend wurde für eine Minute im "Colworth Stomacher 80" (Fa. SEWARD, London) homogenisiert. Bei fortgeschrittenem Verderb lieferte der Stomacher ein stark zerfasertes Binde- oder Muskelgewebe, das ein Abpipettieren mit Pipetten mit weit offenen Spitzen erforderte (Pipettenröhrchen - Simplettes der Fa. LABORCENTER, Nürnberg). Aus der Grundverdünnung konnten dann mit steriler 0,85%iger Kochsalzlösung Verdünnungsreihen bis zu 8 aufeinanderfolgenden Zehnerpotenzen hergestellt werden, wobei zur Vermischung ein "Vortex-Genie"-Schüttler (Fa. BENDER & HOBEIN, Zürich) verwendet wurde.

3.2.2.3 Kulturverfahren

Zur Gesamtkeimzahlbestimmung und zur Differenzierung der verschiedenen Keimgruppen sind folgende Nährmedien verwendet worden:

Standard I-Nähragar:	Fertignährboden der Fa. MERCK, Darmstadt, Art.-Nr.7881 (vgl. Merck, Mikrobiologisches Handbuch, 1980)
DHL-Agar nach SAKAZAKI:	Fertignährboden der Fa. MERCK, Art.-Nr. 11435 (vgl. Merck, Mikrobiologisches Handbuch, 1980)

KRANEP-Agar: Kaliumrhodanid-Actidione(R)-Natriumazid-Eigelb-Pyruvat-agar der Fa. MERCK, Art.-Nr. 5395 (SINELL und BAUMGART, 1967; SINELL und KUSCH, 1969; SINELL, 1978)

CATC-Agar: Citrat-Azid-Tween-Carbonat-Agar der Fa. MERCK, Art.-Nr. 10279 (REUTER, 1968)

Cereus-Selektivagar nach MOSSEL: Selektivagar der Fa. MERCK, Art.-Nr. 5267 (MOSSEL et al., 1967)

MRS-Agar: Lactobacillus-Agar nach DE MAN, ROGOSA und SHARPE der Fa. MERCK, Art.-Nr. 10660 (vgl. Merck, Mikrobiologisches Handbuch, 1980)

Malzextrakt-Agar: Selektivagar zur Bestimmung der Keimzahl von Pilzen der Fa. MERCK, Art.-Nr. 5398 (vgl. Merck, Mikrobiologisches Handbuch, 1980)

In der Tabelle 11 sind die unter Verwendung der genannten Selektivnährmedien charakterisierten Mikroorganismen und die Bebrütungsbedingungen aufgeführt.

Tab. 11: Verwendete Nährmedien zur Keimzahlbestimmung und Charakterisierung verschiedener Gruppen von Mikroorganismen sowie eingehaltene Bebrütungsbedingungen

Nährmedien	Mikroorganismen	Bebrütung	
		Dauer	Temperatur
Standard I Agar	Gesamtkeimzahl	2 Tage bei 30 °C, dann 1 Tag bei 20 °C	
Standard I Agar und Cytochromoxidase-Reagens (KOVACS, 1956)	Pseudomonaden	2 Tage bei 30 °C, dann 1 Tag bei 20 °C	
DHL-Agar	Enterobakteriazeen	18 bis 24 Stunden	37 °C
KRANEP-Agar	Mikrokokken	2 Tage	37 °C
CATC-Agar	Enterokokken	2 bis 3 Tage	37 °C
Cereus-Selektiv-Agar	Bazillen	2 Tage	37 °C
MRS-Agar	Laktobazillen	3 Tage in GasPak*	37 °C
Malz-Agar	Hefen	4 bis 5 Tage	25 °C

*: GasPak = Anaerobic System der Fa. BBL, Cockeysville, USA

Zum Nachweis der Pseudomonaden ist der Oxydasetest nach KOVACS nach Anzüchtung der Kolonien auf Standard I Agar verwendet worden (KOVACS, 1956; GABY und HADLEY, 1957; REUTER, 1968). Das folgende Verfahren kam zur Anwendung: Testlösung 1: 1%ige wäßrige Lösung von N,N-Dimethyl-1,4-phenylendiammoniumdichlorid (MERCK; Art.-Nr. 3067) und Testlösung 2: α-Naphtol, als 1%ige alkoholische (95%iges Ethanol) Lösung. Diese Lösungen wurden im Verhältnis 3:2 vermischt, und mit dieser Mischung ist die Nährbodenoberfläche überflutet worden. Dabei färben sich Kolonien von Pseudomonaden innerhalb von 30 bis 60 Sekunden blau oder ringförmig blau.

Die Beimpfung der Nährmedien erfolgte nach dem Drop-Plating-Verfahren (DAVIS und BELL, 1959; BADGER und PANKHURST, 1960; GAUDY et al., 1963; SINELL et al., 1965, 1966; SINELL, 1968, 1971; REUTER, 1968, 1970; UNTERMANN, 1970; GERATS und SNIJDERS, 1978), wobei jeweils 0,05 ml der erforderlichen Verdünnungsstufen auf die gekennzeichneten Sektoren der Petrischalen aufgebracht wurden. Für die Untersuchungen an Schlachttierkörpern von Rindern bei 25 und 35 °C (3.3.2.3 und 3.3.2.4) wurde das Oberflächenbeimpfungsverfahren (Spatelverfahren) mit jeweils 0,1 ml einer Verdünnungsstufe pro Petrischale angewandt. Nach dem Antrocknen sind die Platten auf die in Tabelle 11 angegebene Weise mit der Schichtseite nach oben bebrütet worden.

3.2.2.4 Berechnung der Keimzahl

Zur Auszählung kamen Platten mit Koloniezahlen zwischen 5 und 50 beim Drop-Plating- (REUTER, 1968) bzw. zwischen 30 und 300 (SINELL, 1968) beim Oberflächenbeimpfungsverfahren. Aus den einzelnen ausgezählten Kolonien wurde der Mittelwert nach folgendem Schema berechnet (FARMILOE et al., 1954):

$$M_x = \frac{C_x + C_{x+1}}{11} \times 10 \quad (\times 2 \text{ beim Drop-Plating-Verfahren})$$

C_x = Summe der ausgezählten Kolonien der Verdünnungsstufe 10^{-x}
M_x = Mittelwert, bezogen auf die Verdünnungsstufe x

3.2.2.5 Statistische Auswertung

Zur Bestimmung der Lokalisationsmaße wurde das geometrische Mittel herangezogen, das einseitige Verzerrungen des Mittels durch multiplikativ wirkende Einflüsse, wie sie bei Keimzahlbestimmungen vorkommen, berücksichtigt.

Geometrisches Mittel $\tilde{x} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} x_i}$ berechnet über

$$\log \tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \log x_i$$

Das geometrische Mittel ($\tilde{x}$) ist allen im folgenden dargestellten Keimzahl-Verlaufskurven zugrunde gelegt worden.

Als Dispersionsmaß wurde die Standardabweichung verwendet.

Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$, berechnet über

das arithmetische Mittel $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i$.

Zur statistischen Prüfung auf Unterschiede wurde ein nicht parametrischer Test zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben (U-Test von WILCOXON,MANN und WHITNEY) durchgeführt (SACHS, 1978).

Beim U-Test ist die Prüfgröße

$$U_1 = mn + \frac{m\,(m+1)}{2} - R_1$$

m = Anzahl der Werte Kontrollen
n = Anzahl der Werte Spraybehandlung
R_1 = Summe der auf die Kontrollen entfallenen Rangzahlen

Nullhypothese (H_o): $\mu_A = \mu_B$

3.2.3 Messung des pH-Wertes der Fleischoberflächen

Zur Messung des pH-Wertes der Fleischoberfläche ist das Digital-pH-Meter Portamess 651 (Fa. KNICK, Berlin), in Verbindung mit der Einstabmeßkette Typ 403-KN (Fa. INGOLD, Frankfurt),

verwendet worden. Bei der Messung mußte auf guten Kontakt der Glasmembran sowie des Diaphragmas mit der Fleischoberfläche geachtet werden. Die Ablesung erfolgte nach dem Stillstand der Digitalanzeige. Die Elektroden sind nach jeder Messung mit destilliertem Wasser abgespült und mit einem weichen Saugpapier abgetrocknet worden. Vor der Messung erfolgte die Eichung mit einer Pufferlösung pH 5,00 (Citrat-Natronlauge) der Fa. MERCK (Art.-Nr. 9436). Nach jeweils 10 Meßvorgängen ist die Eichung kontrolliert und erforderlichenfalls wiederholt worden.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Ergebnisse der Modellversuche an portioniertem Rindfleisch

Die Ergebnisse der Modellversuche an portioniertem Rindfleisch werden in Tabelle 12 zusammengefaßt. Für sämtliche in der linken Spalte der Tabelle 12 aufgeführten Sprayzusammensetzungen ist Wasser ad 100 % als Lösungsmittel verwendet worden. Herkunft bzw. Bezugsquelle der verwendeten chemischen Substanzen sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Zunächst wurde als Lagertemperatur 10 °C, später jedoch 15 °C gewählt, um den Untersuchungszeitraum auf eine angemessene Zeit zu verkürzen (siehe 2. Spalte der Tabelle 12). Diese Maßnahme war erforderlich, da im Verlauf der langen Versuchsdauer bei 10 °C Lagertemperatur häufig nicht ausreichend Fleischoberfläche für die Probeentnahme zur Verfügung stand.

In der Spalte "Bemerkungen" sind Beobachtungen oder Besonderheiten aufgeführt, die mit der jeweiligen Sprayeinwirkung auf das Fleisch in Zusammenhang standen. Bei sensorischer Akzeptanz (Farbe, Geruch, Aussehen) wird ein Pluszeichen (+), bei unakzeptabler Fleischbeschaffenheit infolge Sprayeinwirkung ein Minuszeichen (-) hinzugefügt.

Die durch den jeweiligen Spray erzielte Haltbarkeitsverlängerung, im Vergleich zu unbehandeltem Fleisch, ist in der nächsten Spalte der Tabelle 12 prozentual ausgedrückt. Dabei wird unter der Prozentzahl in Klammern die Haltbarkeit der spraybehandelten Fleischstücke als 1. Wert (ausgedrückt in Stunden) eingetragen; als 2. Wert folgt der entsprechende Wert der Kontrollfleischstücke.

Berücksichtigt wurde nur der bakteriell bedingte Verderb, nicht jedoch der Fleischverderb infolge Hefen- und Schimmelpilzwachstums. Wenn aufgrund zu langer Versuchsdauer keine sensorische Befunderhebung bzw. keine Probeentnahme mehr möglich war, ist der Versuch abgebrochen worden. Das geht aus einem > Zeichen hervor. Die Ausgangskeimgehalte der Fleischstücke unterschieden sich teilweise beträchtlich und schwankten zwischen 2 log und 5 log pro cm^2 Oberfläche. Entsprechend fiel auch die Haltbarkeit des Fleisches unterschiedlich aus, was jedoch auf die prozentual ausgedrückte Haltbarkeitsverlängerung keinen wesentlichen Einfluß hatte.

Die letzte Spalte in Tabelle 12 zeigt schematisch das Gesamtergebnis der jeweiligen Untersuchung. Dabei ist folgender Zahlenschlüssel benutzt worden, der die unterschiedliche Haltbarkeit (Sprayfleisch im Vergleich zum Kontrollfleisch) mit Zahlen von 1 bis 6 bewertet:

1 = sehr gute Haltbarkeitsverlängerung - mehr als 100 %

2 = gute Haltbarkeitsverlängerung - mehr als 50 %

3 = zufriedenstellende Haltbarkeitsverlängerung - bis zu 50 %

4 = die Gesamtkeimzahlen der Fleischoberfläche sind infolge Spraybehandlung nur etwas vermindert worden. Es liegt folglich keine in dieser Versuchsanordnung sicher nachweisbare Haltbarkeitsverlängerung vor

5 = unwirksam - kein Unterschied zwischen Spray- und Kontrollfleisch

6 = das Sprayfleisch zeigt stärkere Verderbniserscheinungen als das Kontrollfleisch.

Die mit einem X versehenen Sprays führten bei dem portionierten Warmfleisch zu sensorisch (Farbe, Geruch, Aussehen) akzeptablen Produkten und zu einer Haltbarkeitsverlängerung. Sie sind demnach dazu geeignet, die Haltbarkeit von Warmfleisch bei geringerem Kühlaufwand zu verbessern.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die Sprays auf der Basis von Kaliumsorbat sowie von Essigsäure in ihrer Wirksamkeit herausragten, wobei als nachteilig anzusehen ist, daß bei letzteren über 24 Stunden ein milder Essiggeruch auf dem Fleisch wahrnehmbar war. Die Anwendung bei Schlachttierkörpern erschien prüfenswert. Von herausragender Wirksamkeit waren auch die Sprays auf der Basis von Natriumdisulfit und Essigsäure. Sulfithaltige Sprays eignen sich jedoch aufgrund des stechend-beißenden Geruchs beim Versprühen höchstens zu einer Anwendung im Freien. Daher sind sulfithaltige Sprays im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter verfolgt worden.

In zusätzlichen Schlachttierkörperversuchen erfolgte nunmehr eine Modifizierung der beiden erfolgversprechenden Spraykombinationen, so daß schließlich ein "Sorbatspray" bei Rindern und ein "Säurespray" bei Schafen erprobt werden konnte. Die Ergebnisse der Anwendung dieser Sprays bei den genannten Tierarten werden nachstehend mitgeteilt.

3.3.2 Ergebnisse der Sorbatspray-Versuche

3.3.2.1 Sorbatspray und 10 °C Lagertemperatur

In dieser Untersuchungsreihe sollte ermittelt werden, wie lange mit Sorbatspray behandelte Rinderhälften im Vergleich zu unbesprühten Schlachttierkörperhälften von Rindern unter den gegebenen Bedingungen bei 10 °C gelagert werden können. Es sollte also die durch den Sorbatspray herbeigeführte Haltbarkeitsverlängerung ermittelt werden. Als Grenze für die Lagerfähigkeit des Fleisches wurde das Auftreten von sinnfälligem Verderb in geringer (+) Ausprägung angesehen. Mittelgradige (++) oder starke (+++) Verderbniserscheinungen werden darüber hinaus beschrie-

b. 12: Zusammenfassung der Ergebnisse der Modellversuche an spraybehandeltem, portioniertem Rindfleisch

Zusammensetzung der Sprays	Lagertemperatur in °C	Bemerkungen		Haltbarkeitsverlängerung in Prozent u. Haltbarkeit (Spray/Kontrolle) in Stunden	Bewertung
0 % Kochsalz 5 % Weinsäure	10	hohe Ausgangskeimzahlen im Bereich $10^5/cm^2$	Fleischfarbe stark abgedunkelt	–	0 (48/48)	5
0 % Kochsalz 5 % Citronensäure	10		Fleischfarbe etwas grau	–	0 (48/48)	5
0 % Kochsalz 5 % Milchsäure	10		Fleischfarbe etwas dunkler	–	0 (48/48)	5
0 % Kochsalz 2 % Essigsäure	10	niedrige Ausgangskeimzahlen im Bereich $10^2/cm^2$ etwas hellere Fleischfarbe	geringfügig säuerlicher Fleischgeruch über 1 x 24 Std.	+	100 (192/96)	X 2
0 % Kochsalz 3 % Essigsäure	10			+	100 (192/96)	X 2
0 % Kochsalz 4 % Essigsäure	10			–	100 (192/96)	2
0 % Kochsalz 5 % Essigsäure	10			–	150 (240/96)	1
0 % Kochsalz 6 % Essigsäure	10		säuerlicher Geruch noch nach 4 x 24 Std.	–	> 150 (> 240/96)	1
0 % Kochsalz 7 % Essigsäure	10			–	150 (240/96)	1
0 % Kochsalz 8 % Essigsäure	10			–	> 150 (> 240/96)	1
0 % Kochsalz 0 % Milchsäure	10	dunkle Fleischfarbe		–	50 (144/96)	3
0 % Kochsalz 0 % Ascorbinsäure	10	hellere, z. Teil graue Fleischfarbe		–	0 (96/96)	5
2 % Kochsalz 2 % Citronensäure 2 % Ascorbinsäure	10	Fleischfarbe teils dunkel, teils aber auch hellgrau		–	50 (144/96)	3
0 % Kochsalz 5 % Äpfelsäure	10			+	0 (96/96)	5
0 % Kochsalz 5 % Natriumpyruvat	10			+	25 (120/96)	X 3

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Zusammensetzung der Sprays	Lagertemperatur in °C	Bemerkungen		Haltbarkeitsverlängerung in Prozent u. Haltbarkeit (Spray/Kontrolle) in Stunden	Bewertung
20 % Kochsalz 2 % Bernsteinsäure	10	etwas dunklere Fleischfarbe	–	0 (120/120)	4
20 % Kochsalz 1 % Cystein	10	etwas dunklere Fleischfarbe	–	20 (144/120)	3
10 % Kochsalz 10 % Natriumpropionat 5 % Essigsäure	10	nach 12 x 24 Std. immer noch säuerlicher Geruch	–	> 150 (> 240/96)	1
20 % Kochsalz 5 % Calziumpropionat	10	unangenehmer, saurer Fleischgeruch; lederartige Beschaffenheit der Fleischoberfläche; etwas dunkleres Fleisch	–	> 60 (> 192/120)	2
20 % Kochsalz 10 % Natriumacetat	10	nach 9 x 24 Std. noch säuerlicher Fleischgeruch; feucht-gequollene Oberfläche	–	60 (192/120)	2
10 % Kochsalz 10 % Kaliumsorbat 2 % Natriumhypochlorit	10	Fleischfarbe verbleicht zunehmend	–	50 (144/96)	3
26 % Kochsalz	10	feucht-gequollene Fleischoberfläche	–	0 (96/96)	4
64 % Sirup	10	zum Ende der Lagerzeit größere sichtbare Bakterienkolonien als bei den Kontrollen	+	0 (96/120)	6
2 % Tannin	10	unnatürliche, blaustichige Farbe	–	20 (144/120)	3
5 % Natriumbenzoat	10	säuerlich-salziger Fleischgeruch über 6 x 24 Std.	–	> 78 (> 216/120)	2
1 % PHB-Propylester-Natrium	10	etwas dunklere Fleischfarbe; künstlicher, bonbonartiger Fleischgeruch	–	40 (168/120)	3

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Zusammensetzung der Sprays	Lagertemperatur in °C	Bemerkungen		Haltbarkeitsverlängerung in Prozent u. Haltbarkeit (Spray/Kontrolle) in Stunden	Bewertung
10 % Kaliumsorbat 10 % Natriumacetat	10	nach 8 x 24 St. noch säuerlicher Fleischgeruch; feucht-gequollene Fleischoberfläche	-	> 33 (> 192/144)	3
100 % Propylenglycol	10		+	0 (120/120)	4
30 % Glycerin	10		+	0 (120/120)	4
5 % Natriumdisulfit 3 % Essigsäure	15	leicht säuerlicher Fleischgeruch über 1 x 24 Stunden	+	67 (240/144)	X 2
5 % Natriumdisulfit 3 % Natriumacetat	15		+	50 (216/144)	X 3
5 % Natriumdiphosphat	15		+	0 (144/144)	5
10 % Knoblauchlösung (Preßsaft)	15	intensiver Knoblauchgeruch des Fleisches	-	0 (48/48)	5
10 % Zwiebellösung (Preßsaft aus Küchenzwiebeln)	15	intensiver Zwiebelgeruch des Fleisches	-	0 (48/48)	5
15 % Tri-Natriumcitrat 10 % Kaliumsorbat 5 % Kochsalz 3 % Natriumacetat	15		+	67 (240/144)	X 2
50 % Saccharose 10 % Kaliumsorbat 3 % Natriumacetat	15		+	50 (72/48)	X 3
20 % Kaliumsorbat 5 % Natriumacetat	15		+	150 (120/48)	X 1
12 % Tri-Natriumcitrat 10 % Kaliumsorbat 5 % Kochsalz 4 % Natriumlactat 3 % Natriumacetat 1 % Emulfluid A	15	Fleisch "schäumte" deutlich bei der Kochprobe aufgrund des Emulgatorzusatzes (Emulfluid A(R))	+	50 (72/48)	X3
15 % Kochsalz 10 % Natriumpropionat 5 % Milchsäure 5 % Natriumdisulfit 3 % Essigsäure 1 % Tween 80	15	dunklere Fleischfarbe; säuerlicher Fleischgeruch über gesamte Lagerzeit	-	150 (120/48)	1

ben. Wenn an einzelnen Tierkörperoberflächen nur geringe(+) Verderbnisanzeichen vorlagen, sind diese noch toleriert worden. Als bakteriologische Verderbnisgrenze wurden Gesamtkeimzahlen von $\geq 5 \times 10^7$ pro cm^2 Fleischoberfläche (7,69 log pro cm^2) auf einer der drei Probeentnahmestellen zugrunde gelegt(LEISTNER et al., 1981). Dieser willkürliche und ohne Berücksichtigung der jeweils vorherrschenden Bakterienflora festgesetzte Wert wurde auch in allen folgenden Versuchen als "Grenze für den bakteriellen Verderb" angenommen, und zwar unabhängig von der im Einzelfall festgestellten sensorischen Beschaffenheit.

Die Tierkörperhälften konnten im Schlachthof von Ferkessédougou bis zum "beginnenden Verderb" gelagert werden (und wurden anschließend wieder durch sachgerechtes Säubern bzw. Entfernen der verdorbenen Fleischoberfläche in einen akzeptablen Zustand versetzt).

Die Lagertemperatur lag während des Untersuchungszeitraumes von 6 Tagen bei 10 °C ± 0,5 °C.

Die relative Luftfeuchtigkeit in dem verfügbaren Kühlraum nahm im Verlauf der Lagerung der Schlachttierkörper ab und ist durch mehrmalige tägliche Messungen in dem in der Abbildung 9 schraffiert aufgezeichneten Bereich ermittelt worden.

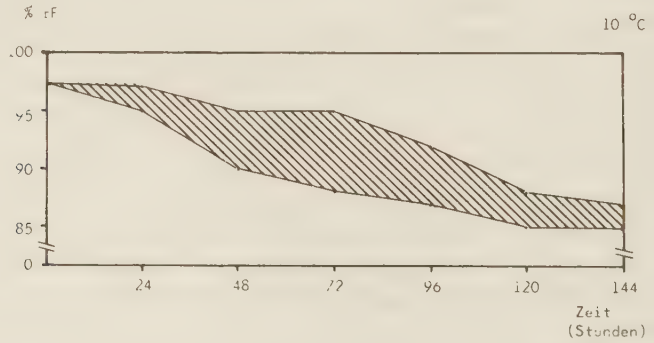


Abb. 9: Darstellung der in dem benutzten Kühlraum gemessenen Luftfeuchtigkeitswerte während der Lagerung von Schlachttierkörpern von Rindern bei 10 °C ± 0,5 °C

Zwei Ventilatoren des Kühlraumes liefen täglich während etwa 15 Stunden und erzeugten eine Luftbewegung von 0,3 bis 1,0 m/sec; in der übrigen Zeit herrschte keine Luftbewegung.

Sensorische Befunde: Einige Zeit nach dem Aufsprühen des Sorbatsprays auf den Hautmuskel (unversehrte Muskulatur) zeigte sich eine "milchige Verfärbung" des den Muskel bedeckenden Epimysiums, die erst nach 2 Tagen verschwand. Diese milchige Verfärbung ist auf eine Quellung des bindegewebigen Muskelüberzuges zurückzuführen. Unmittelbar nach dem Aufsprühen auf die angeschnittene Muskulatur fiel das Kaliumsorbat aus und war für einige Minuten als weißliche Ausfällung erkennbar. Die gleiche Beobachtung wurde in den folgenden Untersuchungsreihen (3.3.2.2 bis 3.3.2.4) gemacht und wird dort nicht erneut beschrieben.

Sensorische Veränderungen während der Lagerung der Schlachttierkörper: Von 7 Kontrollhälften waren 4 Rinderhälften über 2 Tage haltbar. Am folgenden Lagerungstag, also nach 3 Tagen, traten bei diesen 4 Hälften sinnfällige Veränderungen im Bereich der Muskelanschnittstellen des Halses auf, die durch Fäulnisgeruch (++), grünbräunliche Verfärbungen (+) und in geringem Umfang durch Schmierstellen (+) gekennzeichnet waren. Die gleichen Veränderungen waren bei den drei übrigen Kontrollhälften am nächsten Lagerungstag (also nach 4 Tagen) nachweisbar, so daß dann auch die übrigen 3 Kontrollhälften die sensorische Haltbarkeitsgrenze überschritten hatten. Zusätzlich stellten sich bei zwei dieser Hälften im Bereich der Vorderhessen und des Brustfells beginnendes Hefen- und Schimmelpilzwachstum (+) ein.

Von den 7 sprühbehandelten Hälften wiesen 4 eine sensorische Haltbarkeit von 5 Tagen auf. Am folgenden Lagerungstag, also nach 6 Tagen, traten an diesen 4 Hälften im Bereich der Muskelanschnittstellen im Halsbereich grünbräunliche Verfärbungen (+) auf, die jedoch nur mit geringgradigen geruchlichen Abweichungen einhergingen.

An den übrigen 3 sprühbehandelten Rinderhälften wurden am folgenden Tag (also nach 6 Tagen) einige grünbräunliche Verfärbungen (+) beobachtet. Folglich war auch bei diesen Hälften die Haltbarkeitsgrenze überschritten. Darüber hinaus wirkten die Tierkörper im Gesamteindruck nicht mehr ansehnlich, da die Fleischfarbe etwas abgedunkelt war. Im Kühlraum herrschte ein muffiger Altgeruch.

Zusammenfassend läßt sich als Ergebnis der sensorischen Untersuchung festhalten, daß die Behandlung mit Sorbatspray eine Haltbarkeit der Schlachttierkörper von 5 bis 6 Tagen gewährleistete, während die Kontrollhälften nur 2 bis 3 Tage haltbar waren.

Bakteriologische Ergebnisse: Die Ergebnisse der Oberflächenkeimzahlbestimmungen sind in den Abbildungen 10 bis 12 graphisch dargestellt.

Der Anstieg der Keimzahlen macht die mikrobielle Anfälligkeit der nicht von Bindegewebe geschützten "angeschnittenen Muskulatur" deutlich. Hier schritt der Verderb bei den Kontrollhälften am raschesten voran. Der Keimzahlenanstieg der beiden übrigen Tierkörperentnahmestellen "unversehrte Muskulatur" und "Faszie über Muskulatur" folgte mit deutlichem Abstand. Zwischen den beiden zuletzt genannten Entnahmestellen waren keine eindeutigen Unterschiede im zeitlichen Verderbnisablauf erkennbar.

Durch die Sorbatspraybehandlung wurde der Verderbnisablauf in den drei Entnahmestellen zeitlich nivelliert, so daß nun keine Unterschiede in den Oberflächenkeimzahlen an den 3 Entnahmestellen mehr auftraten.

In dieser Untersuchungsreihe ist neben der Gesamtkeimzahl auch die Enterobakteriazeen-Zahl bestimmt worden. Bei frisch erschlachteten Schlachttierkörpern können Enterobakteriazeen normalerweise in einer Größenordnung von 10^4 pro cm^2 Oberfläche erwartet werden. Die Abbildungen 10 bis 12 lassen erkennen, daß

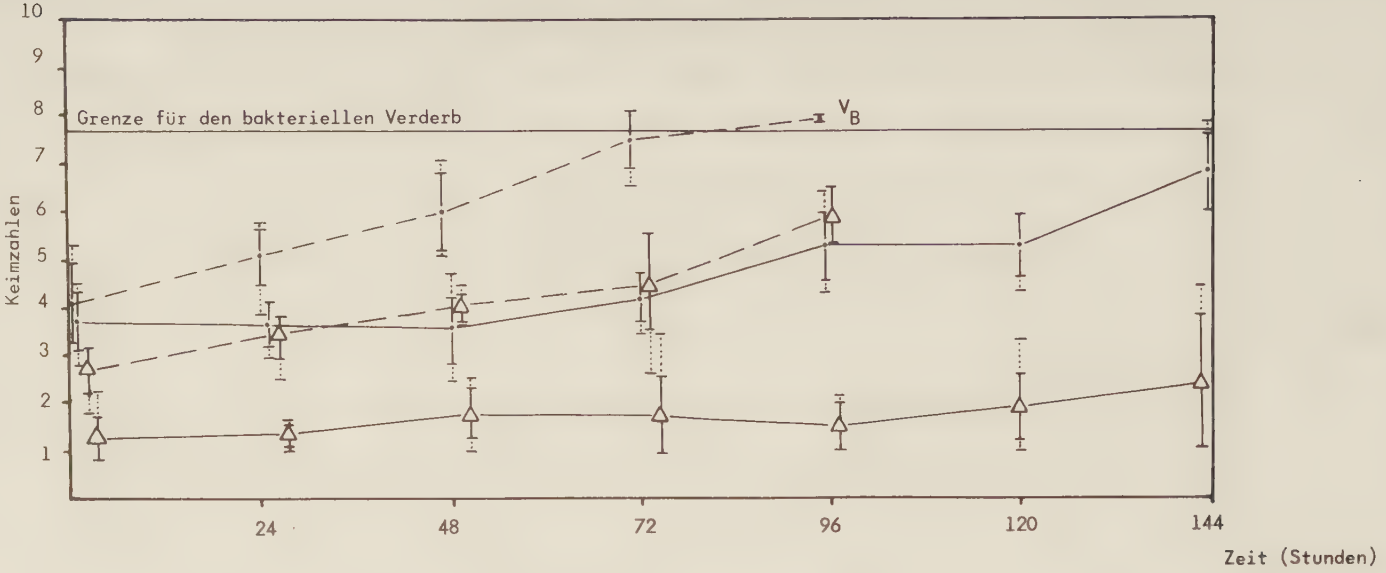


Abb. 10: Darstellung der Gesamtkeimzahlen und Enterobakteriazeen-Zahlen (geometrische Mittelwerte) auf angeschnittener Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 10 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

lg N cm

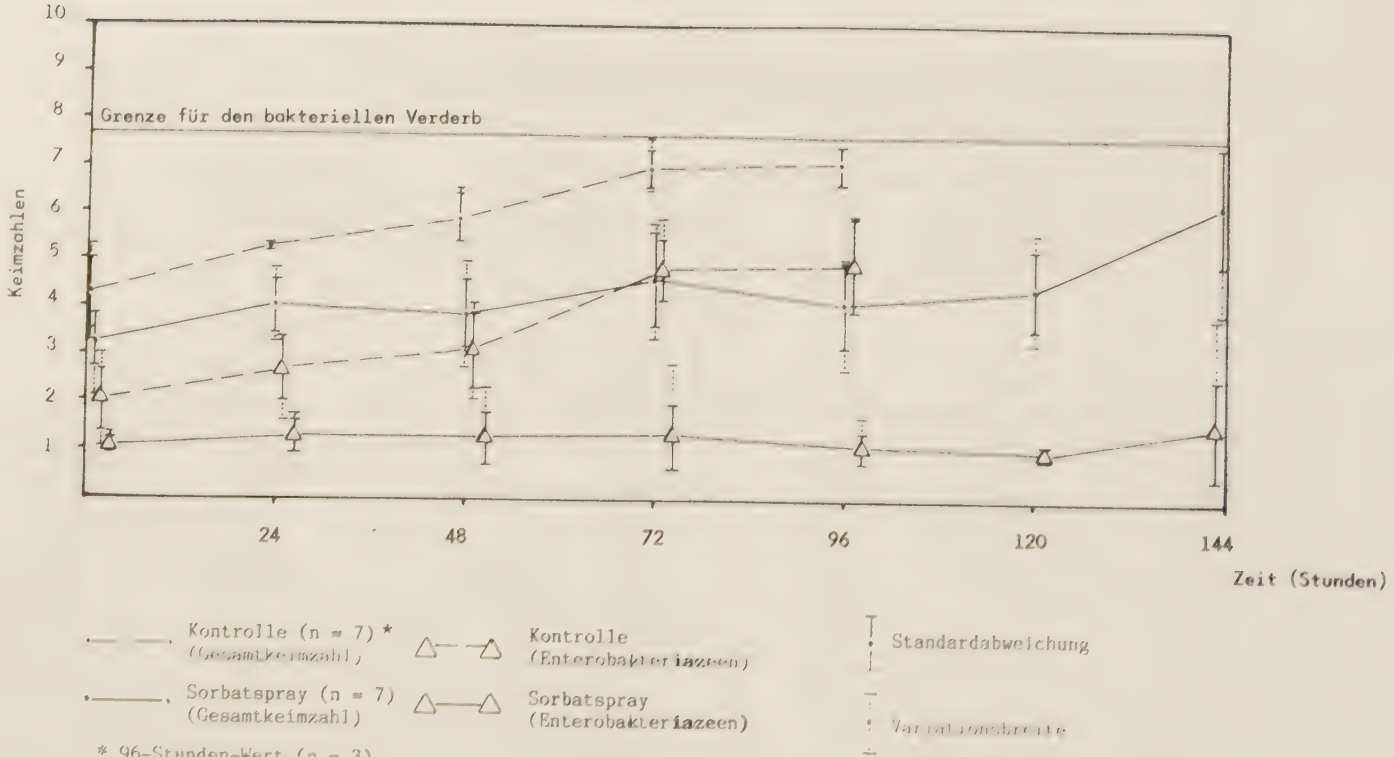


Abb. 11: Darstellung der Gesamtkeimzahlen und Enterobakteriazeen-Zahlen (geometrische Mittelwerte) auf unversehrter Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 10 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

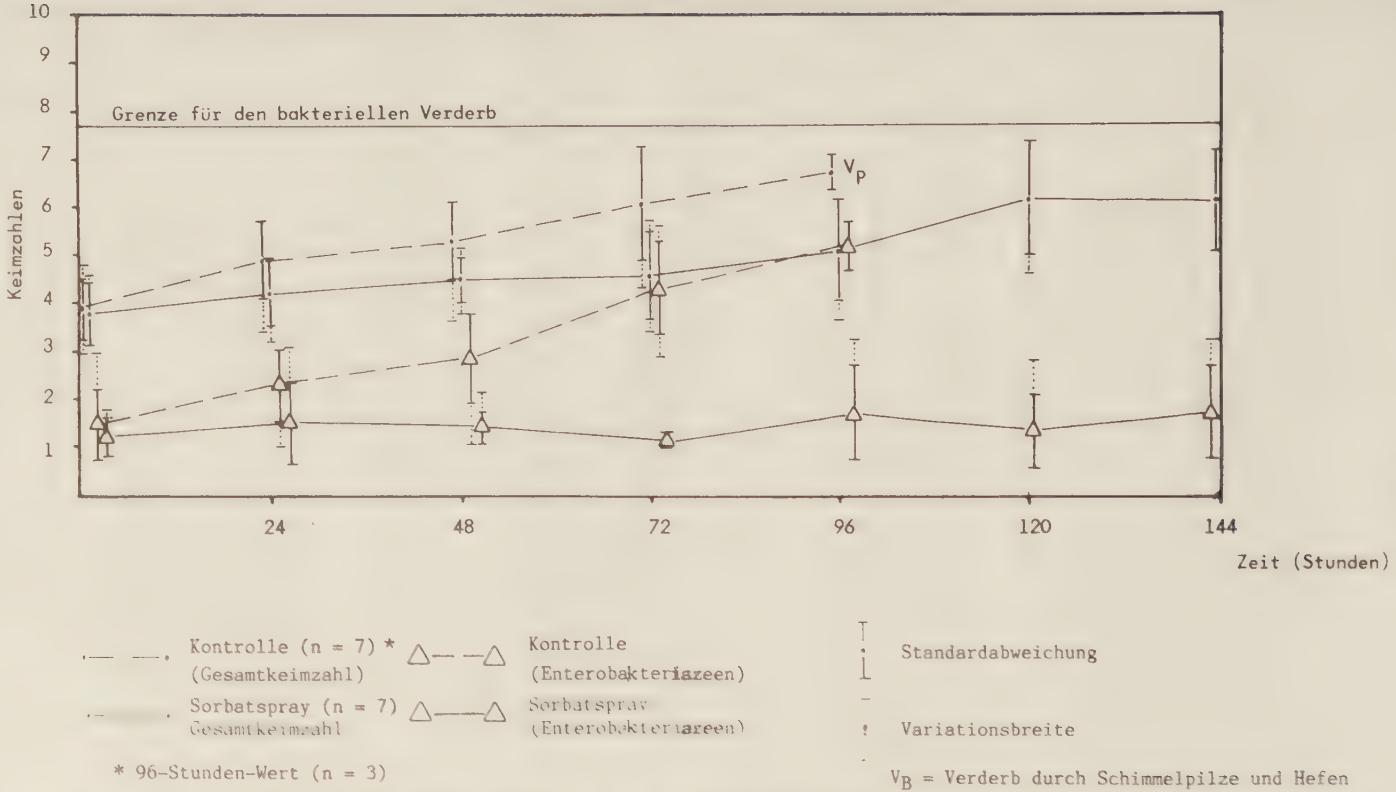


Abb. 12: Darstellung der Gesamtkeimzahlen und Enterobakteriazeen-Zahlen (geometrische Mittelwerte) auf Faszie über Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 10 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

die Enterobakteriazeen nach Sorbatspraybehandlung sogar bei 10 °C Lagertemperatur auf Rindfleisch kaum mehr Entwicklungschancen haben. Während die Keimzahl der Enterobakteriazeen bei den behandelten Hälften erst nach 6 Tagen Lagerzeit 2 log pro cm^2 erreichte ("angeschnittene Muskulatur"), lag sie bei den Kontrollen bereits nach 3 bis 4 Tagen im Bereich von 4 bis 5 log pro cm^2 Oberfläche.Es ist zu berücksichtigen, daß Enterobakteriazeen-Zahlen $<10^1$ mit der im Methodikteil (3.2) beschriebenen Technik nicht erfaßt werden können.

Die erste Probeentnahme zur Keimzahlbestimmung konnte aus betrieblichen Gründen in dieser Untersuchungsreihe erst 5 bis 6 Stunden nach erfolgter Spraybehandlung vorgenommen werden. Zur statistischen Prüfung auf Unterschiede sind die Gesamtkeimzahlen (GKZ) und die Enterobakteriazeen-Zahlen (EBZ) der Kontrollen und der sprühbehandelten Hälften jeweils einer Probeentnahmestelle miteinander verglichen worden. Dazu wurden die Keimzahlen bei jedem Entnahmezeitpunkt, also nach 5 bis 6, 24, 48, 72 und 96 Stunden, verglichen. Die Ergebnisse der statistischen Prüfung auf Unterschiede zwischen Kontroll- und sprühbehandeltem Fleisch sind in der Tabelle 13 aufgeführt.

Tab. 13: Tabellarische Zusammenstellung der Prüfung der Oberflächenkeimzahlen auf Unterschiede zwischen Kontrollen und sprühbehandeltem Rindfleisch. Statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen Kontrollen und behandelten Tierkörpern sind mit einem X gekennzeichnet

Oberflächen-Region	5-6 Std.		24 STd.		48 Std.		72 Std.		96 Std.	
	GKZ*	EBZ**	GKZ	EBZ	GKZ	EBZ	GKZ	EBZ	EKZ	EBZ
angeschn. Muskulatur		X		X	X	X	X	X	X	X
unversehrte Muskulatur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Faszie über Muskulatur					X	X	X	X	X	X

* GKZ = Gesamtkeimzahl
** EBZ = Enterobakteriazeen-Zahl

3.3.2.2 Sorbatspray und 15 °C Lagertemperatur

Zielsetzung dieser Untersuchungsreihe war, die Haltbarkeit mit Sorbatspray besprühter und unbesprühter Schlachttierkörperhälften von Rindern unter den gegebenen Bedingungen bei 15 °C Lagertemperatur zu ermitteln. Dabei wurden die gleichen Grenzen für die Haltbarkeit des Fleisches wie bei der vorausgegangenen Untersuchungsreihe (3.3.2.1) zugrunde gelegt.

Die Lagertemperatur lag während des Untersuchungszeitraumes von 5 Tagen bei 15 °C ± 0,5 °C.

Die relative Luftfeuchtigkeit im Kühlraum nahm im Laufe der Untersuchungen ab und ist durch mehrmalige tägliche Messungen in dem in der Abbildung 13 schraffiert gezeichneten Bereich ermittelt worden.

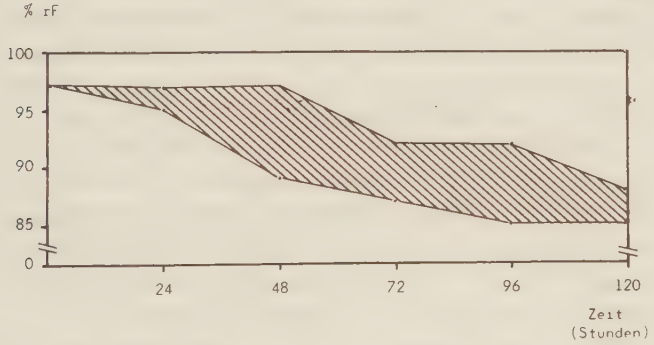


Abb. 13: Darstellung der in dem benutzten Kühlraum gemessenen Luftfeuchtigkeitswerte während der Lagerung von Schlachttierkörpern von Rindern bei 15 °C ± 0,5 °C

Die beiden Ventilatoren des Kühlraumes liefen täglich etwa 12 Stunden und erzeugten eine Luftbewegung von 0,3 bis 1,0m/sec; in der übrigen Zeit herrschte keine Luftbewegung.

Sensorische Befunde: Die unbehandelten 18 Kontrollhälften wiesen eine Haltbarkeit von 2 Tagen auf. Nach 3 Tagen traten

die Verderbnismerkmale bei sämtlichen Kontrollhälften deutlich hervor. Im Kühlraum herrschte Verderbnisgeruch. Die angeschnittenen Muskeln wiesen im Halsbereich typischen Fleischfäulnisgeruch (++) bei teilweise braunen Schmierbelägen (++) auf. Bei einigen Tierkörpern war auf der Hautmuskulatur (unversehrte Muskulatur) bakterielles Kolonienwachstum (+) zu beobachten. Sämtliche Rinderhälften hatten die Haltbarkeitsgrenze nach 3 Tagen überschritten.

Von den 18 sprühbehandelten Rinderhälften wurde eine Hälfte versehentlich nicht bis zum Ende der Untersuchung gelagert, und sie ist daher nicht in die sensorische Beurteilung und die Bewertung der bakteriologischen Untersuchung einbezogen worden. 12 der übrigen 17 Hälften sind über 4 Tage gelagert worden (der Verkauf mußte an diesem Tag erfolgen). Bei drei dieser Hälften lag nach 4 Tagen in der Regio xiphoidea des Brustbeins, dort sowohl im Bereich der Muskelanschnittstellen als auch in der umgebenden Faszien- bzw. Fettabdeckung, ein leichter Verderbnisgeruch (+) vor. Das kann möglicherweise auf ein unsachgemäßes Ausweiden der Tiere bei der Schlachtung zurückgeführt werden, d. h. durch Kontamination mit Pansen- und Darminhalt. Bei zwei anderen Hälften traten einige sichtbare Bakterienkolonien (+) an den Vorderhessen auf. Die Fleischfarbe und der Geruch aller besprühten Hälften waren sonst normal. Die 5 übrigen Hälften konnten über 5 Tage gelagert werden, wobei dann innerhalb eines Tages Hefen-(+) und Schimmelpilzwachstum (++) eingetreten war. Die bevorzugte Tierkörperoberfläche für Hefenwachstum lag im Bereich der unversehrten Muskulatur und der Vorderhessen. Schimmelpilze traten im Bereich des Brustfells, der unversehrten Muskulatur und in Teilbereichen der Muskelanschnittstellen auf.

Das Auftreten von Schimmelpilzen bei angeschnittener Muskulatur überraschte, da für die Sorbatwirkung günstige Verhältnisse im Hinblick auf den oberflächlichen pH-Wert vorliegen, und zwar gibt KRISPIEN (1978) hier nach 5 Tagen bei Rinderschlachttier-

körpern einen pH-Wert von 5,6 bis 5,7 an. Die dennoch schlechte Wirksamkeit des Sorbatsprays gegenüber Schimmelpilzen könnte mit einem Abdiffundieren der Wirkstoffe ins Fleischinnere erklärt werden. Dem widerspricht aber, daß bei einer Lagertemperatur von 10 °C auch nach 6 Tagen kein Schimmelpilzwachstum (3.3.2.1) beobachtet werden konnte, so daß folglich der Temperaturerhöhung um weitere 5 °C offensichtlich die größere Bedeutung zukommt, denn bei der höheren Temperatur konnten die Mikroorganismen die "Hürde" des Sorbatsprays leichter überwinden.

Zusammenfassend läßt sich als Ergebnis der sensorischen Untersuchung festhalten, daß bei 15 °C Lagertemperatur die Behandlung mit Sorbatspray eine Haltbarkeit der Schlachttierkörper von Rindern von 4 Tagen herbeiführte, wobei Stellen mit hoher Ausgangskontamination schon etwas früher verdarben. Der Verderb trat generell am folgenden Tag (nach 5 Tagen) durch Hefen- und Schimmelpilzwachstum auf. Die Kontrollhälften waren nur 2 Tage haltbar und wiesen am folgenden Lagertag (nach 3 Tagen) deutliche Verderbnismerkmale auf.

Bakteriologische Ergebnisse: Die Ergebnisse der Gesamtkeimzahlbestimmungen sind in den Abbildungen 14 bis 16 graphisch dargestellt. Deutliche Unterschiede im zeitlichen Verderbnisablauf sind bei den verschiedenen Entnahmestellen nach Sorbatspraybehandlung, wie auch in der vorangegangenen Untersuchungsreihe, nicht mehr zu erkennen. Allerdings liegen die Keimzahlen der "Faszie über Muskulatur" nun durchwegs etwas höher als bei den übrigen beiden Probeentnahmestellen.

Zur statistischen Prüfung auf Unterschiede sind die Gesamtkeimzahlen(GKZ) der Kontroll- und der sprühbehandelten Hälften jeweils einer Probeentnahmestelle miteinander verglichen worden. Herangezogen wurden dazu die Zahlen jedes Entnahmezeitpunktes, also nach 24, 48 und 72 Stunden. Die O-Stunden-Werte sind Keimzahlbestimmungen vor dem Einsprühen. Die Ergebnisse der statistischen Prüfung auf Unterschiede zwischen dem unbehandelten (Kontrollen) und dem sprühbehandelten Fleisch sind in der Tabelle 14 aufgeführt.

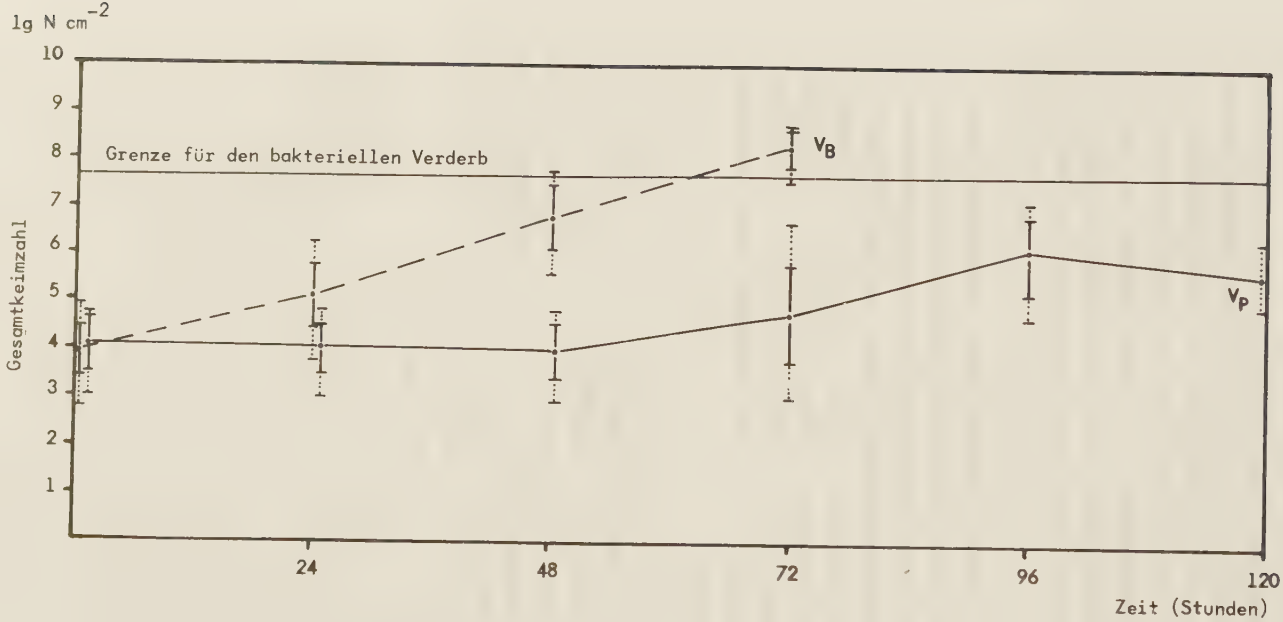
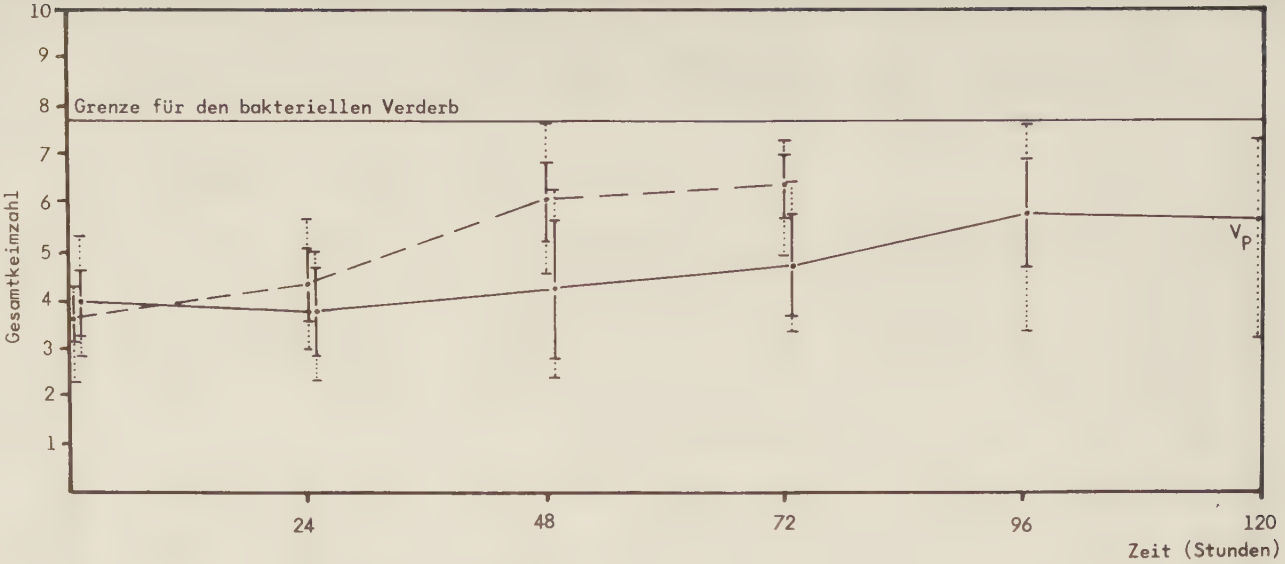


Abb. 14: Darstellung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf angeschnittener Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 15 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung



·— —· Kontrolle (n = 18)

·———· Sorbatspray (n = 17)*

* 120-Stunden-Wert (n = 5)

Standardabweichung

Variationsbreite

V_p= Verderb durch Schimmelpilze und Hefen

Abb. 15: Darstellung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf unversehrter Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 15 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

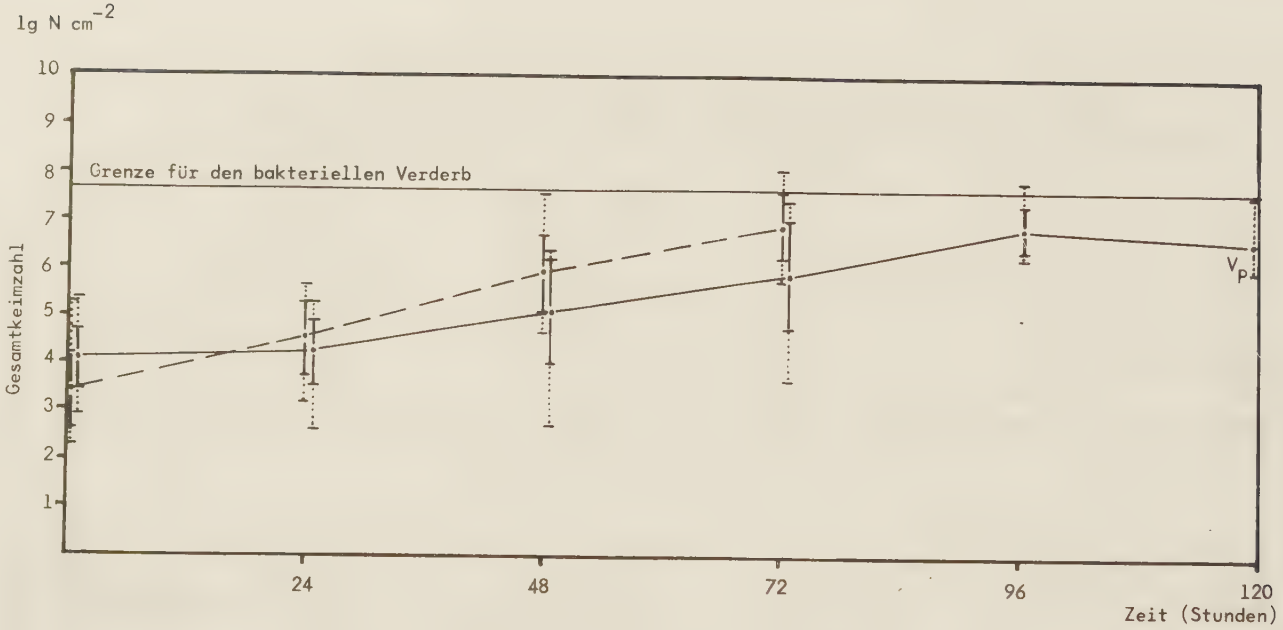


Abb. 16: Darstellung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf Faszie über Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 15 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

Tab. 14: Tabellarische Zusammenstellung der Prüfung des Oberflächenkeimgehaltes auf Unterschiede zwischen Kontrollen und sprühbehandeltem Rindfleisch. Statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen Kontrollen und behandelten Tierkörpern sind mit X gekennzeichnet

Oberflächen-Region	24 Std.	48 Std.	72 Std.
	GKZ*	GKZ	GKZ
angeschn. Muskulatur	X	X	X
unversehrte Muskulatur		X	X
Faszie über Muskulatur		X	X

* GKZ = Gesamtkeimzahl

3.3.2.3 Sorbatspray und 25 °C Lagertemperatur

In dieser Untersuchungsreihe sollte ermittelt werden, ob durch den Sorbatspray auch bei fehlender Kühlung und hoher Luftfeuchtigkeit die Haltbarkeit von Rinderschlachttierkörpern verbessert werden kann. Dazu wurden eine Lagertemperatur von 25 °C ± 0,2 °C und eine Luftfeuchtigkeit von 95 % ± 2 % gewählt. Die Bemessungsgrenzen für die Haltbarkeit des Fleisches wurden beibehalten (vgl. 2.3.2.1). Es sind vier Rindervorderviertel (2 mit Sorbatspray behandelt, 2 Kontrollen) bis zum "Verderb" gelagert worden. Die Luftbewegung wurde mit 0,1 bis 0,3 m/sec bewußt niedrig gewählt.

Sensorische Befunde: Erste Anzeichen des Verderbs zeigten sich bei den unbehandelten Vorderviertel nach 15 bis 16 Stunden Lagerzeit. Die sehr feuchten Muskelanschnittstellen im Halsbereich wiesen zu diesem Zeitpunkt bereits Verderbnisgeruch (+) auf, der nach 24 Stunden Lagerzeit eine stechend-putride Beschaffenheit (+++) annahm, so daß die Haltbarkeitsgrenze nun deutlich überschritten war. Die Faszien der Kontrollvorderhessen waren zu diesem Zeitpunkt bereits mit deutlich sichtbaren Bakterienkolonien (++) übersät.

Bei den sorbatspraybehandelten Rinderviertеln traten erst nach 24 Stunden an den Vorderhessen einzelne, gerade sichtbare Bakterienkolonien (+) auf; auch die Faszien ließen vereinzelt Bakterienkolonien (+) erkennen. Den deutlichsten Unterschied im Vergleich zu den Kontrollen wiesen die Muskelanschnittstellen im Halsbereich auf. Hier lag bei den behandelten Tieren noch einwandfreies Fleisch vor. Nach 36 Stunden Lagerzeit waren jedoch auch bei den behandelten Vierteln auf den Faszien sichtbare Bakterienkolonien in beträchtlicher Anzahl (+++) vorhanden. Demnach wurde die Haltbarkeitsgrenze bei den behandelten Vordervierteln zuerst auf den Faszien überschritten, während die Muskelanschnittstellen auch nach 36 Stunden nur geringe Geruchsabweichungen (+) aufwiesen.

Zusammenfassend kann als Ergebnis der sensorischen Untersuchung festgehalten werden, daß das Ausmaß der Haltbarkeitsverbesserung durch Sorbatspray bei 25 °C Lagertemperatur auf den Muskelanschnittstellen und auf unversehrter Muskulatur deutlich war. Weniger konnte die Wirkung auf den Faszien und Vorderhessen überzeugen. Ein konkreter Zeitraum für die Haltbarkeitsverlängerung wird aufgrund der geringen Tierzahl nicht angegeben. Aus dem gleichen Grunde ließen sich auch die der Tendenz nach zu beobachtenden Unterschiede nicht statistisch sichern.

Bakteriologische Ergebnisse: Hier lag der Schwerpunkt der Untersuchungen auf einer Differenzierung der auftretenden Keimgruppen bei den Kontrollen und dem sprühbehandelten Fleisch.

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 17 bis 20 graphisch festgehalten, wobei eine Darstellung des Verlaufs der Erhöhung der Gesamtkeimzahlen auf der Oberfläche der drei untersuchten Entnahmestellen in einer Übersicht in Abbildung 17 vorangestellt wird.

Bei den Kontrollvierteln fiel auf, daß bei einer Lagertemperatur von 25 °C die Pseudomonaden und die Enterobakteriazeen in etwa gleicher Anzahl die Hauptverderbnisflora darstellen, die Mikrokokken folgten in sehr geringem Abstand (Abbildungen 18

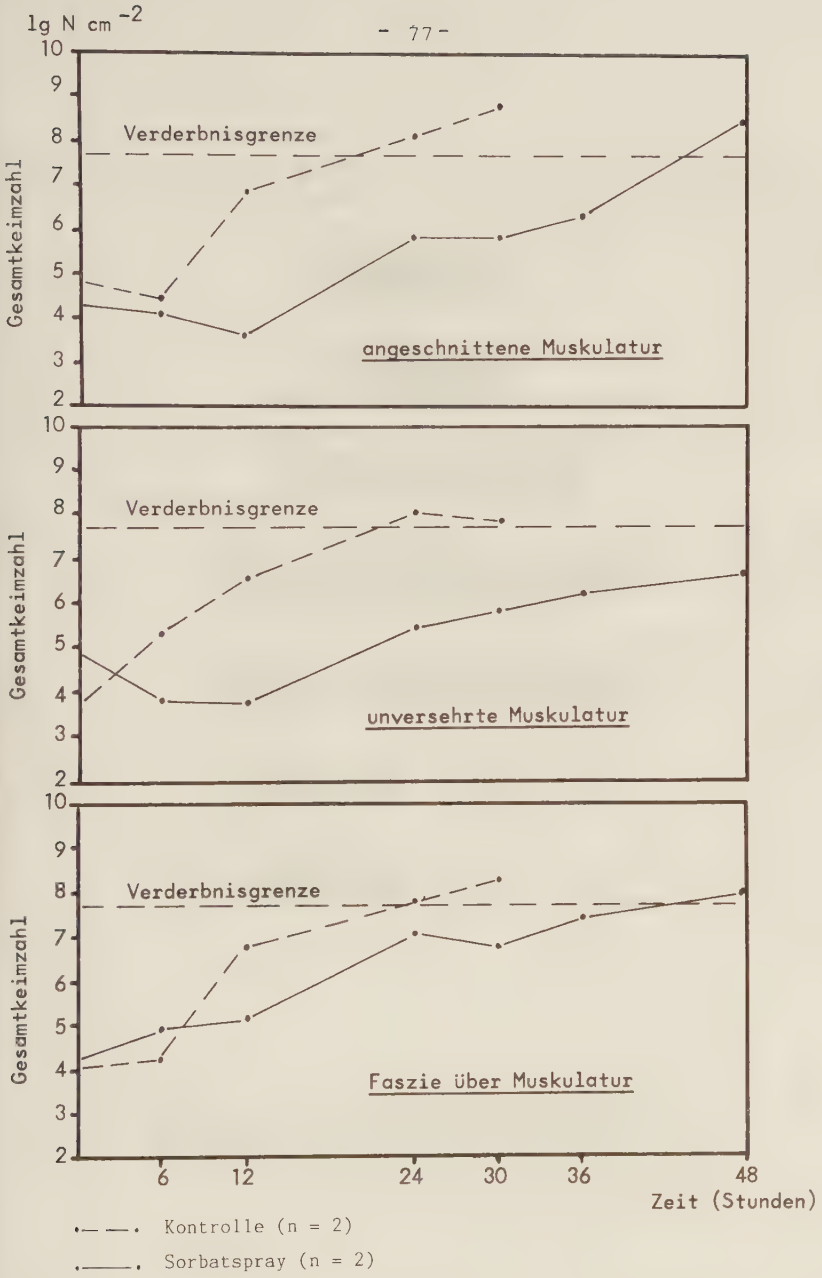


Abb. 17: Darstellung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf drei verschiedenen Probeentnahmestellen bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 25 °C ohne und mit Sorbatspraybehandlung

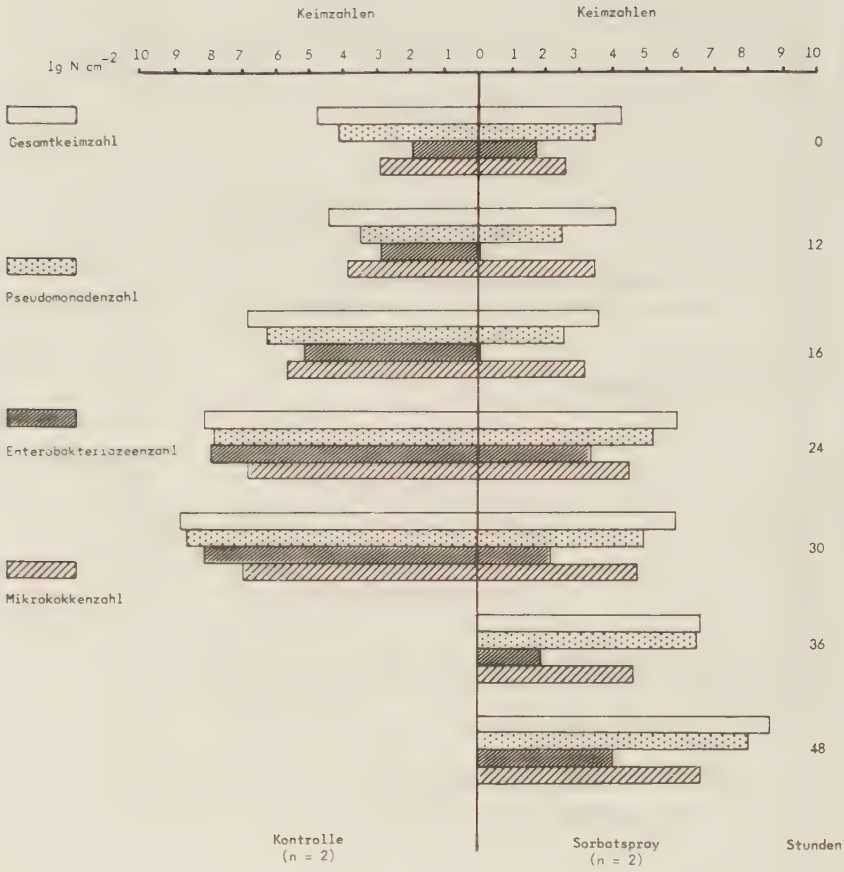


Abb. 18: Darstellung der Keimzahlen und vorherrschenden Keimgruppen (geometrische Mittelwerte) auf angeschnittener Muskulatur bei Vordervierteln von Rindern während einer Lagerung bei 25 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

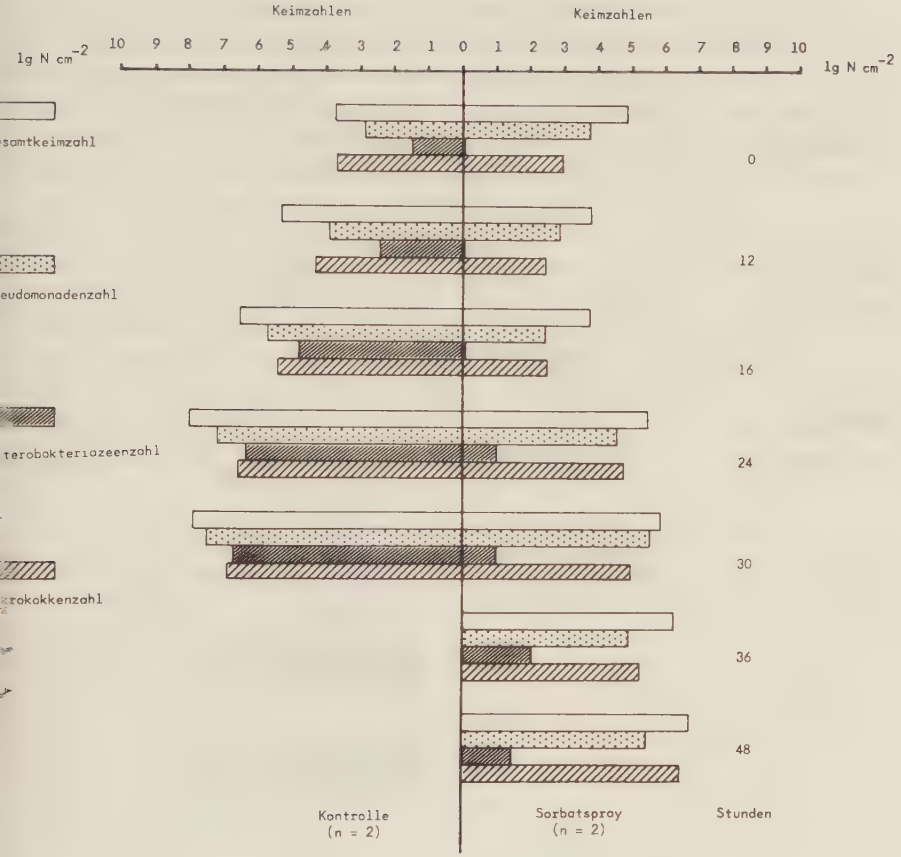


Abb. 19: Darstellung der Keimzahlen und vorherrschenden Keimgruppen (geometrische Mittelwerte) auf unversehrter Muskulatur bei Vordervierteln von Rindern während einer Lagerung bei 25 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

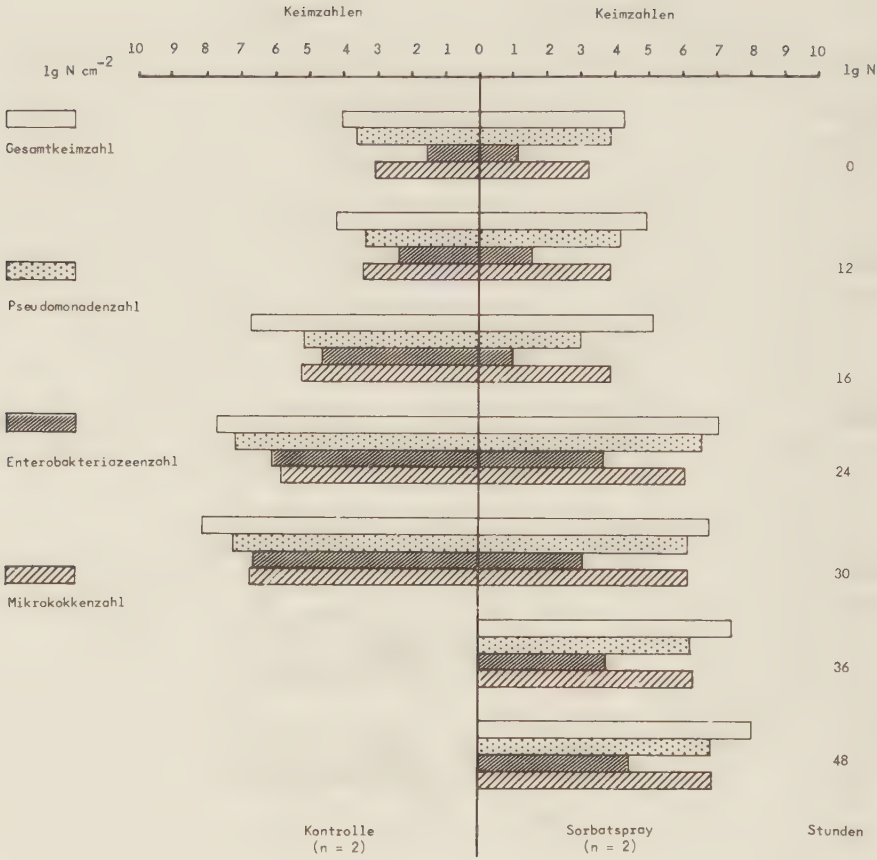


Abb. 20: Darstellung der Keimzahlen und vorherrschenden Keimgruppen (geometrische Mittelwerte) auf Faszie über Muskulatur bei Vordervierteln von Rindern während einer Lagerung bei 25 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

bis 20). Einen anderen Verlauf nahm die Keimvermehrung bei den behandelten Rinderviertеln. Hier stellten die Pseudomonaden und die Mikrokokken die Hauptverderbnisflora, hingegen lagen die Enterobakteriazeen um 3 bis 5 Größenordnungen darunter. Nicht ganz so eindeutig fiel dieser selektive Hemmeffekt des Sorbatsprays gegenüber den Enterobakteriazeen auf der Tierkörperregion "Faszie über Muskulatur" aus.

Vergleicht man allgemein die sich entwickelnde Keimflora auf behandelten und unbehandelten Rindervorderviertеln bei 25 °C Lagertemperatur, so ist neben der ausgeprägten Hemmung der Enterobakteriazeen durch Sorbatspraybehandlung eine deutliche Wachstumshemmung der Pseudomonaden festzustellen, während die Vermehrung der Mikrokokken durch den Sorbatspray nur relativ wenig beeinträchtigt wurde.

3.3.2.4 Sorbatspray und 35 °C Lagertemperatur

In dieser Untersuchungsreihe sollte die haltbarkeitsverbessernde Wirkung des Sorbatsprays bei Rinderschlachttierkörpern unter simulierten tropischen oder subtropischen Klimaverhältnissen bei fehlender Kühlung und hoher Luftfeuchtigkeit untersucht werden. Dafür sind sechs Rindervorderviertel (3 mit Spray behandelt, 3 Kontrollen) verwendet worden, die einer Lagertemperatur von 35 °C ± 0,2 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 95 % ± 2 % ausgesetzt wurden. Die Bemessungsgrenzen für die Haltbarkeit von Fleisch wurden beibehalten (vgl. 2.3.2.1), wobei die Tierkörper bis zum "Verderb" gelagert wurden. Die Luftbewegung betrug im Klimaraum 0,1 bis 0,3 m/sec.

Sensorische Befunde: Die Farbe der Oberfläche der Kontroll- wie auch der Sorbatsprayviertel erschien nach ein- bis zweistündiger Lagerzeit grau-braun, ähnlich wie bei gewässertem Fleisch. Dieses vor allem im Bereich der Muskelanschnittstellen auftretende Aussehen kann auf die hohen Umgebungstemperaturen in Verbindung mit der hohen relativen Luftfeuchtigkeit zurückgeführt werden.

Die unbehandelten Rindervorderviertel waren nach 6 Stunden Lagerzeit sensorisch noch einwandfrei. Nach 12 Stunden Lagerzeit traten jedoch bereits auf den Muskelanschnittstellen deutlicher Verderbnisgeruch (++) sowie sichtbare Bakterienkolonien (+) auf, die Haltbarkeitsgrenze war zu diesem Zeitpunkt bereits überschritten.

Bei den mit Sorbatspray behandelten Vordervierteln traten die ersten Anzeichen des Verderbs erst nach 24 Stunden Lagerzeit auf, und zwar wiederum, wie schon im Lagerversuch bei 25 °C beobachtet (3.3.2.3), zuerst auf den Faszien und Vorderhessen. Dort hatte sich zusammen mit dem Auftreten sichtbarer Bakterienkolonien (+) auch eine leichte Geruchsabweichung (+) eingestellt. Die Kontrollviertel hingegen wiesen zu diesem Zeitpunkt vor allem im Bereich der Muskelanschnittstellen bereits einen starken Fäulnisgeruch (+++) auf, der im Klimaraum einen ekelerregenden Geruch herbeiführte. Bei den Muskelanschnittstellen der Kontrollen trat weiterhin nach 24 Stunden eine grün-braune Schleimbildung auf (++), während bei den behandelten Rinderviertеln zu diesem Zeitpunkt auf dieser Tierkörperoberfläche weder Geruchsabweichungen noch Schleimbildung nachweisbar waren. Aufgrund der Verderbnisanzeichen im Bereich der Faszien hatten allerdings nach 24 Stunden auch die behandelten Vorderviertel die Haltbarkeitsgrenze überschritten.

Die Sorbatviertel sind bis zu 36 Stunden noch weiter gelagert worden, wobei auffiel, daß geruchliche Abweichungen der Muskelanschnittstellen nur mäßig auftraten (+ bis ++) und Schleimbildung gar nicht beobachtet wurde. Auf den Faszien hingegen hatten sich sichtbare Bakterienkolonien (+++) in großer Anzahl gebildet, die mit unangenehmen Geruchsabweichungen (++) einhergingen.

Zusammenfassend kann als Ergebnis der sensorischen Untersuchung festgehalten werden, daß auch bei einer Lagertemperatur von 35 °C und hoher relativer Luftfeuchtigkeit, wie sie in tropischen oder subtropischen Klimazonen bei der Fleischlagerung

und/oder beim Transport vorkommen, Haltbarkeitsverlängerungen der Muskelanschnittstellen und der unversehrten Muskulatur durch den Sorbatspray erzielt werden konnten. Die Spraywirkung war auf der Faszie über der Muskulatur allerdings geringer. Ein konkreter Zeitraum für die Haltbarkeitsverlängerung wird aufgrund der geringen Tierzahl nicht angegeben. Aus dem gleichen Grund ließen sich auch die der Tendenz nach zu beobachtenden Unterschiede nicht statistisch sichern.

Bakteriologische Ergebnisse:Bei der vorangegangenen Untersuchung (3.3.2.3) mit 25 °C Lagertemperatur ist ein unterschiedlicher Anstieg verschiedenen Keimgruppen im Verlauf der Lagerzeit festgestellt worden, wenn die Keimzahlen der Kontrollen mit denen der sprühbehandelten Rinderviertel verglichen wurden. Der Schwerpunkt der Untersuchungsreihe bei 35 °C Lagertemperatur sollte daher eine eingehendere Charakterisierung der bei unbehandelten und spraybehandelten Rindervierteln sich entwickelnden Keimgruppen sein.

Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung sind in den Abbildungen 21 bis 24 graphisch dargestellt, wobei eine Darstellung des Verlaufs der Erhöhung der Gesamtkeimzahlen auf der Oberfläche der drei untersuchten Entnahmestellen der Rindervierteln in einer Übersicht in Abbildung 21 vorangestellt wird.

Betrachtet man den Verlauf der Keimzahlentwicklung am Beispiel der Entnahmestelle "angeschnittene Muskulatur" wird das besonders deutlich, dann fällt auf, daß bei den Kontrollvierteln die Enterobakteriazeen bald einen sehr großen Anteil an der Keimflora stellten und somit den Verderb wesentlich mitverursachten. An Bedeutung folgten die Mikrokokken und die Pseudomonaden, beide etwa in gleicher Keimzahlhöhe. Während die Laktobazillen, Bazillen, Hefen und Streptokokken in geringeren Keimzahlen auftraten und daher für den Verderb des unbehandelten Rindfleisches weniger wichtig waren.

Ein völlig anderes Bild ergab sich bei den mit Sorbatspray behandelten Rindervierteln. Hier bestand die Hauptverderbnisflora

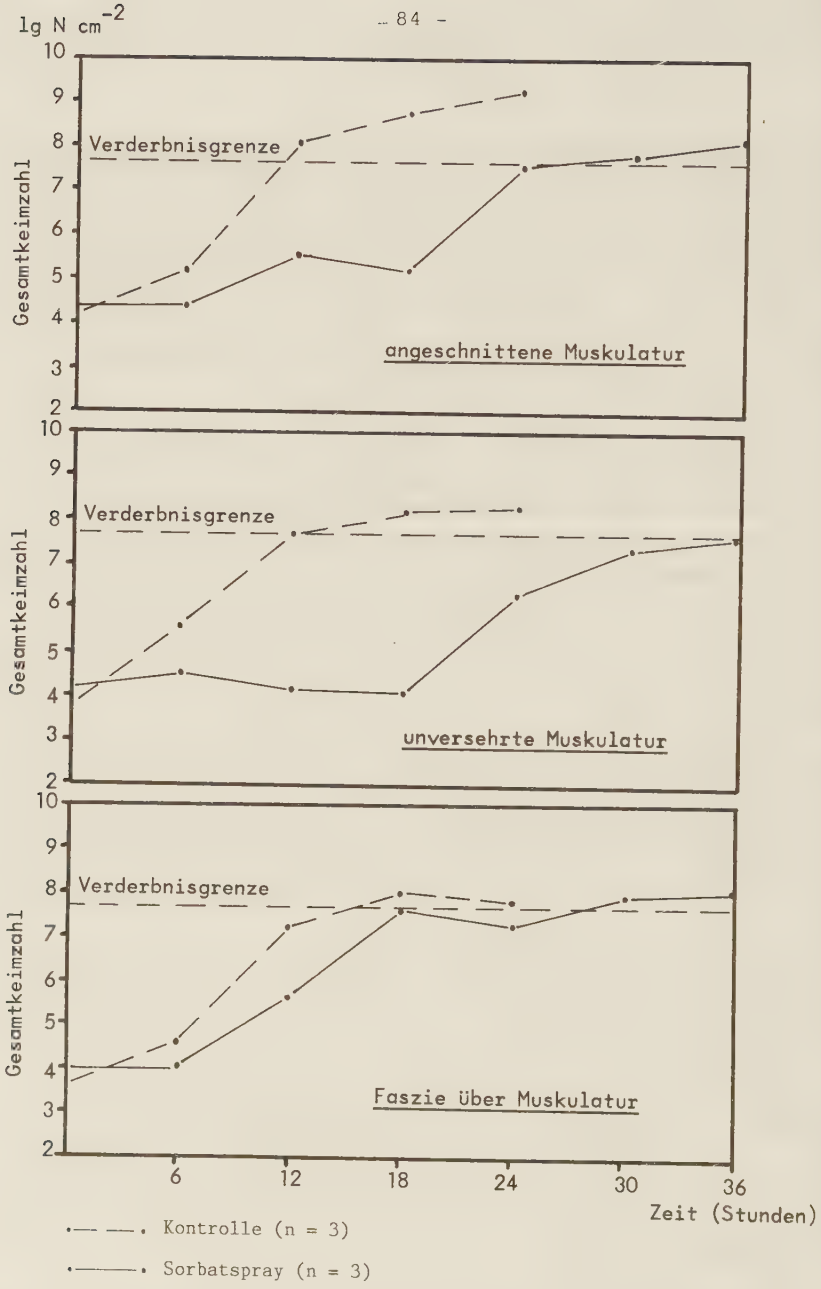


Abb. 21: Darstellung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf drei verschiedenen Probeentnahmestellen bei Schlachttierkörpern von Rindern während einer Lagerung bei 35 °C ohne und mit Sorbatspraybehandlung

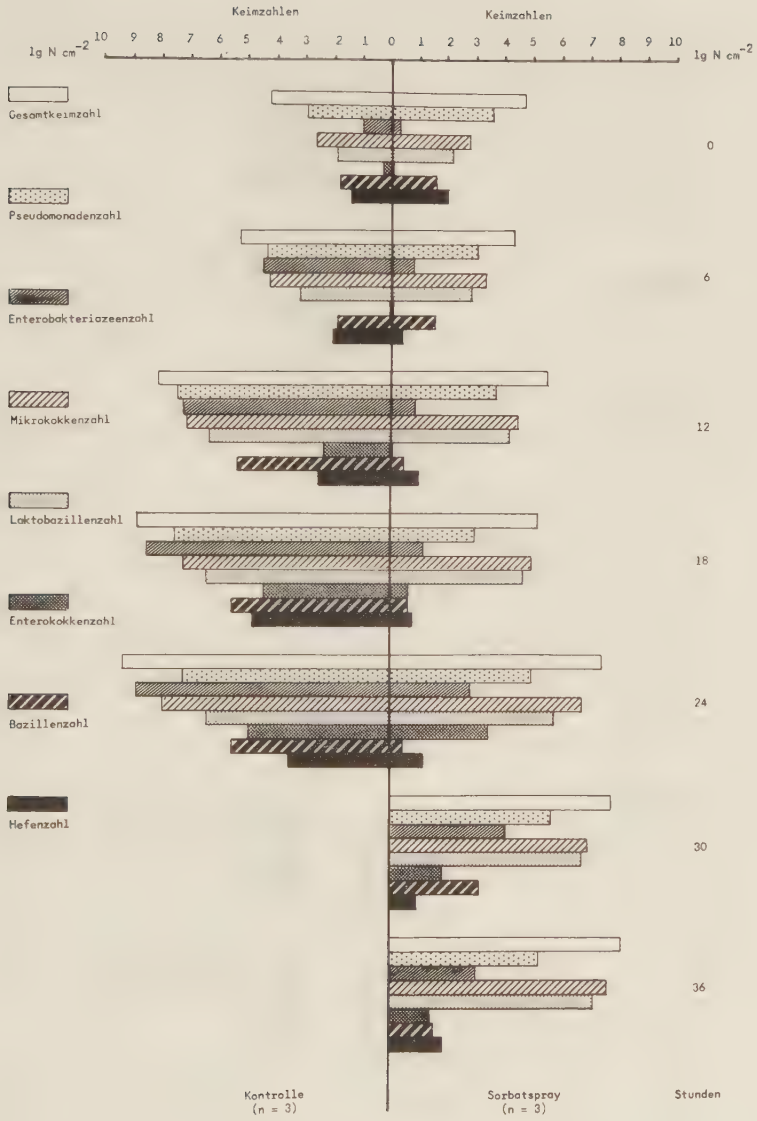


Abb. 22: Darstellung der Keimzahlen und nachgewiesenen Keimgruppen (geometrische Mittelwerte) auf angeschnittener Muskulatur bei Vordervierteln von Rindern während einer Lagerung bei 35 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

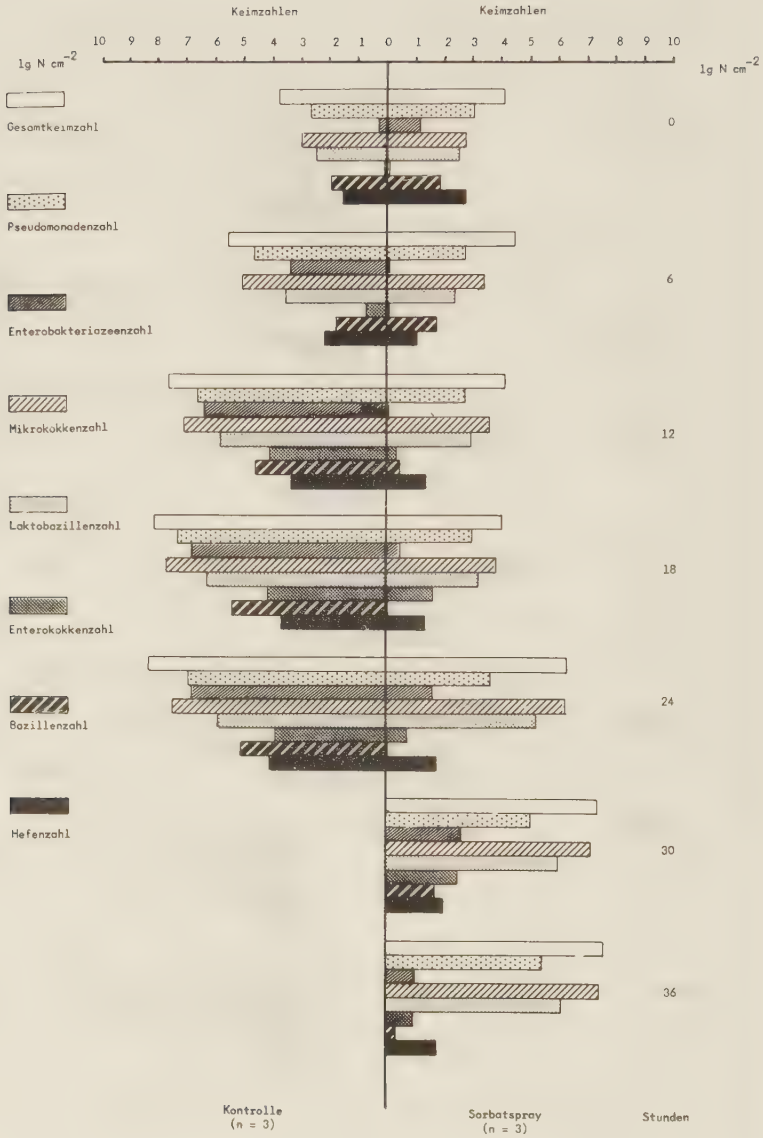


Abb. 23: Verlauf der Keimzahlen und nachgewiesenen Keimgruppen (geometrische Mittelwerte) auf unversehrter Muskulatur bei Vordervierteln von Rindern während einer Lagerug bei 35 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

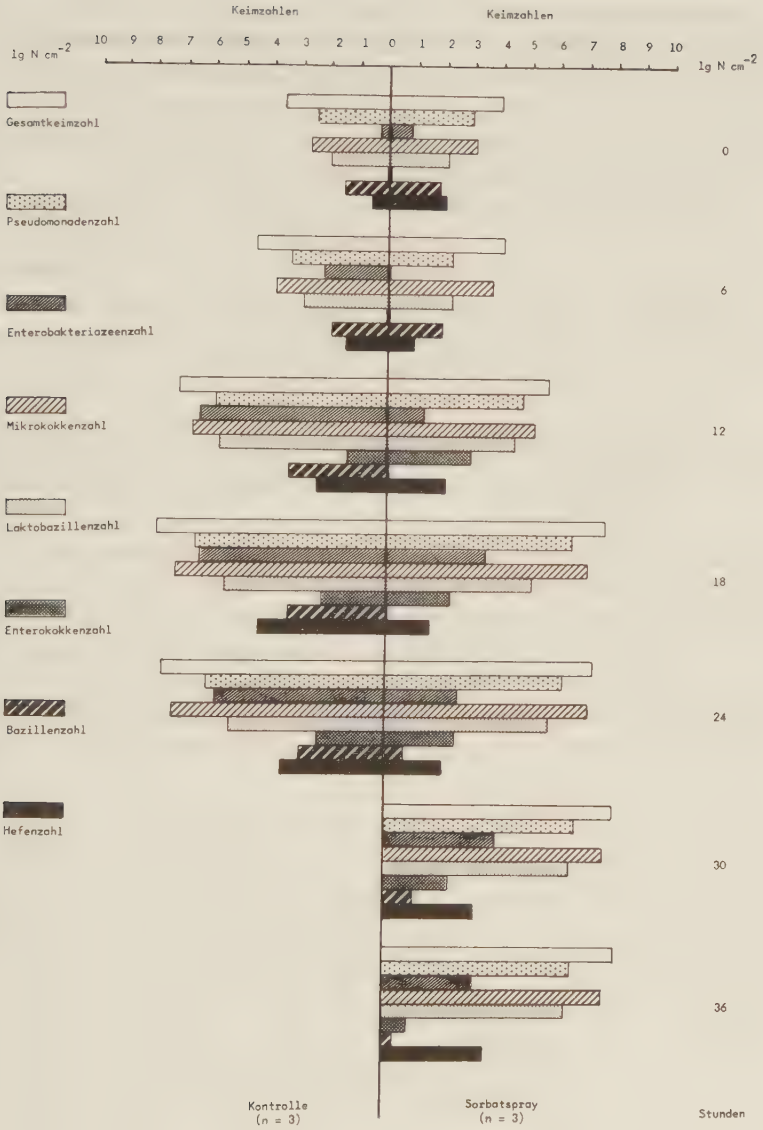


Abb. 24: Verlauf der Keimzahlen und der nachgewiesenen Keimgruppen (geometrische Mittelwerte) auf Faszie über Muskulatur bei Vordervierteln von Rindern während einer Lagerung bei 35 °C mit und ohne Sorbatspraybehandlung

nur aus zwei Keimgruppen, und zwar den Mikrokokken und den Laktobazillen, gefolgt von den Pseudomonaden. Das überraschte nicht, da Mikrokokken wenig empfindlich gegenüber Sorbinsäure sind (RAIBLE, 1956) und Laktobazillen in der Mikrobiologie sogar unter Zusatz von Sorbinsäure (REUTER, 1968) selektiv angezüchtet werden. Die Enterobakteriazeen, die bei den Kontrollen zur Hauptverderbnisflora gehörten, blieben bei den behandelten Rindervierteln innerhalb 36 Stunden Lagerzeit unter 10^4 pro cm^2. Des weiteren wurden durch den Sorbatspray Bazillen und Enterokokken in ihrer Vermehrung deutlich gehemmt. Bazillen vermehren sich in Gegenwart von Sorbinsäure schlecht, es verlängern sich lediglich die vegetativen Zellen (GOULD, 1964).

3.3.2.6 Vergleichende Betrachtung der Entwicklung des Oberflächenkeimgehaltes von Rindfleisch bei unterschiedlichen Lagertemperaturen

In der Abbildung 25 wird der Verlauf der Entwicklung des Oberflächenkeimgehaltes auf unbehandeltem Rindfleisch bei unterschiedlichen Lagertemperaturen vergleichend dargestellt. Dabei handelt es sich bei den aufgeführten Keimzahlen um Werte, die in der Entnahmestelle "angeschnittene Muskulatur" ermittelt worden sind. Die in der Abbildung 25 aufgeführten Ergebnisse beruhen auf den bakteriologischen Untersuchungsergebnissen der Kontrollen.

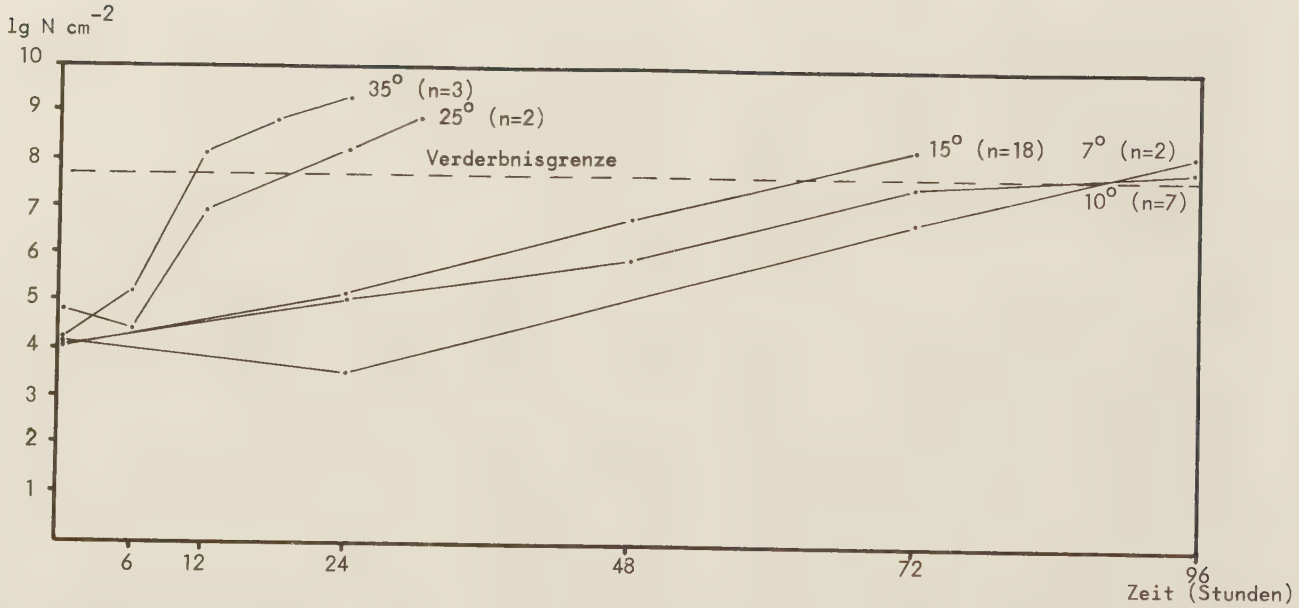
Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß die Lagerung der Schlachttierkörper bei 25 und 35 °C in einem Klimaraum der Bundesanstalt für Fleischforschung bei einer relativen Luftfeuchte von 95 % ± 2 % stattfand, während bei 10 und 15 °C die Rinderhälften in einem Kühlraum des Schlachthofes von Ferkessédougou bei rF-Werten zwischen 85 und > 97 % gelagert worden sind. In die Abbildung 25 sind weitere Untersuchungsergebnisse einbezogen worden, die mit Rindervordervierteln bei 7 °C und 95 % ± 2 % rF erhalten wurden (OSTHOLD und LEISTNER, 1982b).

Trotz dieser nicht übereinstimmenden Untersuchungsbedingungen bestätigen die in Abbildung 25 dargestellten Ergebnisse den wesentlichen Einfluß der Lagertemperatur auf die Haltbarkeit von Rindfleisch (vgl. Abschnitt 2.2) und die erhebliche Verbesserung der Haltbarkeit, die durch eine Herabsetzung der Lagertemperatur von 25 auf 15 °C erreicht wird, während eine Verminderung der Lagertemperatur von 35 auf 25 °C das Ausmaß des Oberflächenkeimgehaltes vergleichsweise nur wenig beeinflußt.

3.3.2.6 Tiefenfäulnis von Rindfleisch bei vermindertem Kühlaufwand

Wenn zur Energieeinsparung die Schlachttierkörper bei geringerem Kühlaufwand gelagert werden und das ermöglicht wird, indem man den Oberflächenkeimgehalt durch eine Spraybehandlung hemmt, dann erhebt sich die Frage, ob dabei nicht der Tiefenkeimgehalt bzw. die Tiefenfäulnis zu Problemen führt. Dieser Frage wurde wie folgt nachgegangen:
Bei den im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit Schlachttierkörpern von Rindern durchgeführten Lagerversuchen (3.2.2) sind 18 Rinder für 3 bis 5 Tage bei 15 °C gelagert und anschließend zerlegt worden. Tiefenfäulnis, die sensorisch an den charakteristischen Veränderungen (siehe 2.1.2) sicher zu erkennen ist, wurde in keinem Fall beobachtet. Weitere 33 Schlachttierkörper von Rindern wurden von LEISTNER und OSTHOLD (1982) sowie OSTHOLD und LEISTNER (1982a) mehrere Tage bei 15 °C gelagert und anschließend zerlegt; auch bei diesem Material wurde keine Tiefenfäulnis beobachtet. Bei den 7 im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei 10 °C mehrere Tage gelagerten Schlachttierkörpern von Rindern war bei der anschließenden Zerlegung ebenfalls keine Tiefenfäulnis nachweisbar. Bei diesen Befunden ist zu berücksichtigen, daß die Rinderhälften (nur bei etwa 20 % des Untersuchungsmaterials handelte es sich um Vorderviertel) im schlachtwarmen Zustand bei 15 bzw. 10 °C gelagert worden sind und daher zu Beginn der Lagerung noch höhere Temperaturen im Innern der Muskulatur vorlagen.

Diese Ergebnisse bestätigen weitgehend die Aussage von DEATHERAGE (1980), nach der erst bei Lagertemperaturen über 15 °C die Tiefen-



Die horizontale Linie bei 7,7 lg stellt die Grenze für den bakteriellen Verderb des Fleisches dar

Abb. 25: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf der angeschnittenen Muskulatur bei Schlachttierkörpern von Rindern (unbehandelt) während der Lagerung bei unterschiedlichen Temperaturen (°C)

fäulnis bei Schlachttierkörpern in wirtschatlich nicht mehr vertretbarer Häufigkeit auftritt (Abbildung 25).

3.3.3 Ergebnisse der Säurespray-Versuche

3.3.3.1 Säurespray und 10 °C Lagertemperatur bei Schafen

In dieser Untersuchungsreihe sollte der Einfluß des Säuresprays auf die Haltbarkeit der Schlachttierkörper von 5 Schafen ermittelt werden. Die Tierkörperhälften konnten (aus innerbetrieblichen Gründen) nur über einen vorgegebenen Zeitraum gelagert werden. Die Verderbnisgrenze wurde dabei in keinem Fall erreicht. In dem Untersuchungszeitraum traten keine sinnfälligen Verderbniserscheinungen auf, so daß eine haltbarkeitsverbessernde Wirkung des Säuresprays ausschließlich aus den ermittelten Keimzahlen abgeleitet werden konnte.

Als Besonderheit sei angemerkt, daß die Tierkörper nach dem Schlachtvorgang nicht mit Wasser "abgeduscht" wurden. Das hatte zur Folge, daß die Fleischoberfläche von Beginn an trocken blieb. Besonders deutlich war diese trockene Oberfläche bei der Tierkörperoberfläche "Faszie über Muskulatur".

Die Lagertemperatur war nur geringen Schwankungen unterworfen und lag während des gesamten Versuchsablaufs bei 10 °C ± 1 °.

Schwierigkeiten bereitete unter den klimatischen Bedingungen, die in Zypern zum Zeitpunkt der Untersuchung gegeben waren, die Aufrechterhaltung einer relativ hohen Luftfeuchtigkeit. Durch mehrmaliges tägliches Bewässern des Kühlraumfußbodens konnte der rF-Wert tagsüber bei 82 bis 95 % gehalten werden; über Nacht ist er dann stets auf etwa 78 % abgesunken.

Die Luftbewegung betrug bei laufenden Ventilatoren 0,5 bis 1 m/sec, wobei die Ventilatoren etwa 4 bis 6 Stunden täglich betrieben wurden. In der übrigen Zeit herrschte keine Luftbewegung.

Sofort nach dem Aufsprühen des Säuresprays wies das Epimysium des Hautmuskels eine leichte, durch eine weißliche Farbe gekennzeichnete Quellung auf, die jedoch innerhalb von 4 bis 6 Stunden wieder verschwand. Am Tage des Einsprühens herrschte im Kühlraum ein milder Essiggeruch, der am darauffolgenden Tag nicht mehr wahrnehmbar war. Auch das Fleisch wies für etwa 24 Stunden einen milden, säuerlichen Geruch auf, der jedoch akzeptabel war. Die Fleischfarbe der säurespraybehandelten Hälften dunkelte im Gesamtbild geringfügig nach. Blutaustrittstellen hatten durchwegs eine dunkelbraune Farbe. SNIJDERS et al. (1979) weisen darauf hin, daß derartige Farbabweichungen verhindert werden können, wenn die Blutspuren, vor der Behandlung der Schlachttierkörper mit Genußsäuren, durch gründliches Abduschen mit Wasser entfernt werden.

Bakteriologische Ergebnisse: Die Ergebnisse der Gesamtkeimzahlbestimmungen sind in der Abbildung 26 graphisch dargestellt.

Die Wirksamkeit des Säuresprays war bei der Entnahmestelle "Faszie über Muskulatur" besonders ausgeprägt. Eine wesentliche Ursache dafür wird sein, daß die Fleischoberfläche dieser Entnahmestellen die nachhaltigste pH-Wert-Senkung erfuhr (siehe 3.3.3.2). Darüber hinaus kann man davon ausgehen, daß eine trockene Tierkörperoberfläche erheblich mehr Spray "aufnimmt" als eine zuvor abgeduschte und folglich tropfnasse Tierkörperoberfläche.

Die Keimzahlen können zwischen der 4. und 72. Lagerstunde vergleichend betrachtet werden. In diesem Zeitraum lagen die Unterschiede in der Oberflächenkeimzahl zwischen den spraybehandelten und unbehandelten Schlachttierkörpern in der Größenordnung von 1 bis 2 log, bei der "Faszie über Muskulatur" um 2 log pro cm^2.

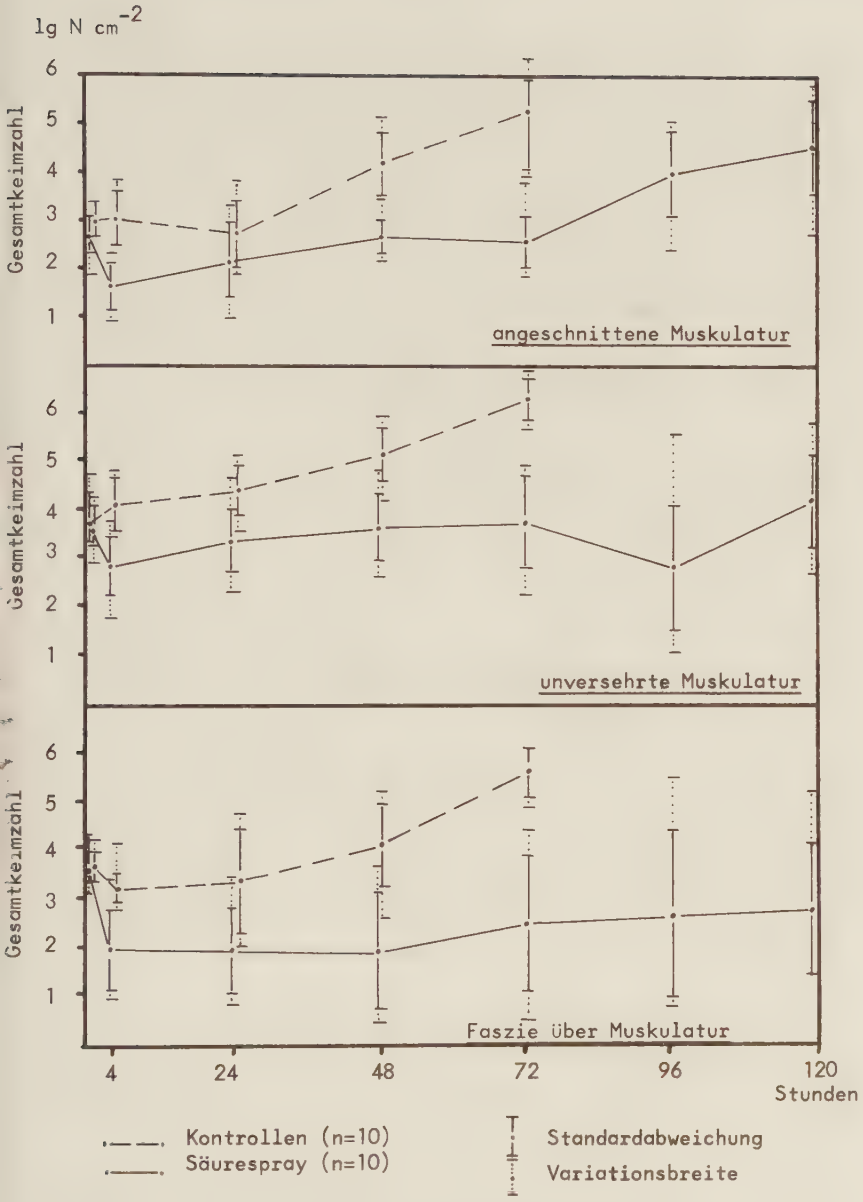


Abb. 26: Darstellung der Gesamtkeimzahlen (geometrische Mittelwerte) auf drei verschiedenen Probeentnahmestellen bei Schlachttierkörpern von Schafen während einer Lagerung bei 10 °C mit und ohne Säurespraybehandlung

Der Säurespray wies folglich eine deutliche bakterizide Wirkung auf, die offensichtlich bereits unmittelbar nach dem Aufsprühen eintrat, denn schon 4 Stunden nach dem Sprühvorgang lag eine signifikante ($p < 0,05$) Keimdifferenz zwischen dem besprühten und dem unbehandelten Fleisch vor. Das mit dem Säurespray besprühte Fleisch wies bereits zu diesem Zeitpunkt nur etwa ein Fünfzigstel der Keimzahlen des Kontrollfleisches auf. Die Ergebnisse der statistischen Prüfung auf Unterschiede zwischen Kontrollen und sprühbehandeltem Fleisch waren auch bei den übrigen Vergleichswerten signifikant ($p < 0,05$), mit Ausnahme des 24-Stunden-Wertes der "angeschnittenen Muskulatur".

Unter den beschriebenen Lagerbedingungen wiesen auch die Kontrollhälften nach 3 Tagen Lagerzeit trotz 10 °C Temperatur noch niedrige Keimzahlen auf. Das kann auf zwei wichtige Faktoren (siehe 2.2) zurückgeführt werden, nämlich die gute Schlachthygiene und die niedrigen rF-Werte im Kühlraum bzw. einen niedrigen a_w-Wert auf der Fleischoberfläche. Nur so ist es zu erklären, daß die Oberflächenkeimzahlen der Kontrollen, z. B. bei der "angeschnittenen Muskulatur", nach 3 Tagen erst bei einer Gesamtkeimzahl von 5 log pro cm^2 lagen.

Bevor der Säurespray zur Anwendung empfohlen werden kann, sollten noch weitere Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Schlachttierkörpern erfolgen. Zur exakten Bestimmung der Haltbarkeitsverlängerung sind die Untersuchungen so durchzuführen, daß die Tierkörperhälften, wie unter 3.3.2.1 und 3.3.2.2 beschrieben, bis zum "beginnenden Verderb" gelagert werden.

3.3.3.2 Säurespray und pH-Wert von Fleischoberflächen

Die stärkste und nachhaltigste pH-senkende Wirkung wurde nach Säurespraybehandlung auf der Oberfläche "Faszie über Muskulatur" erzielt (vgl. Abbildung 27). Bei dieser Tierkörperoberfläche ist auch die Hemmung der Keimverminderung am ausgeprägtesten gewesen (vgl. Abbildung 26). Relativ schnell wird dagegen der Oberflächen-pH-Wert der "angeschnittenen Muskulatur" und des

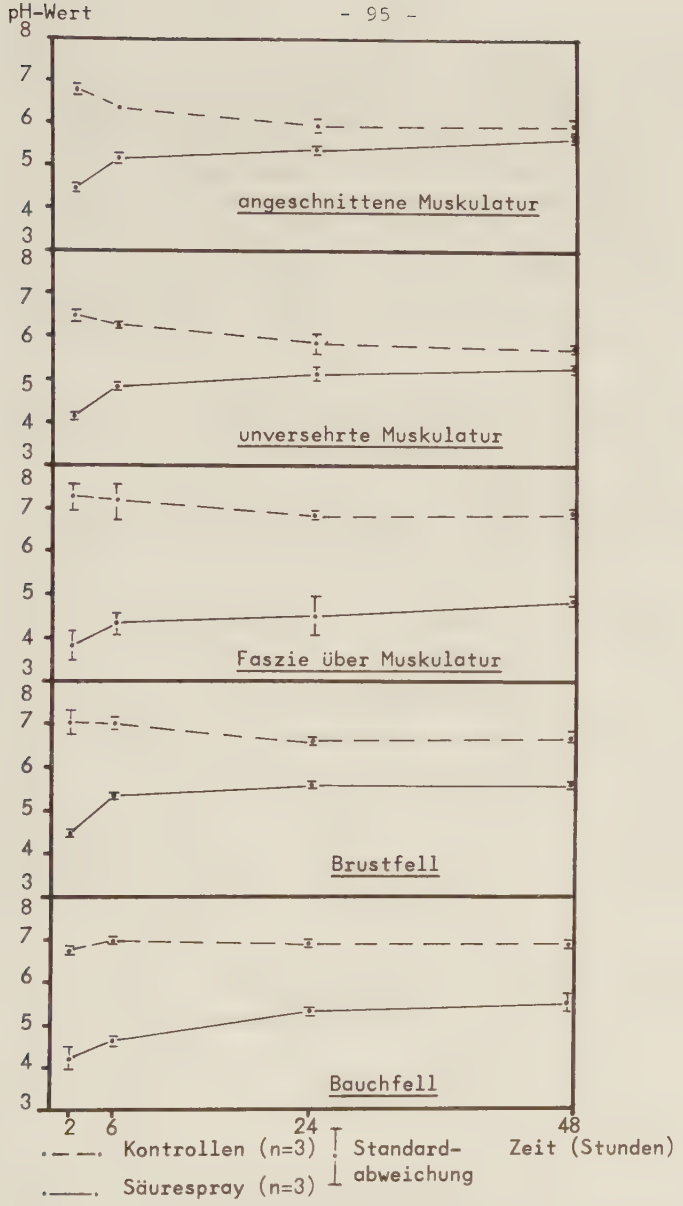


Abb. 27: Darstellung der Oberflächen-pH-Werte auf fünf verschiedenen Tierkörperoberflächen bei Schlachttierkörpern von Schafen mit und ohne Säurespraybehandlung

"Brustfells" auf pH-Werte über 5 abgepuffert, und zwar bereits innerhalb von 6 Stunden. Bei der "angeschnittenen Muskulatur" ist das von praktischer Bedeutung, denn gerade bei dieser Tierkörperoberfläche wäre eine nachhaltige pH-Wert-Depression für eine ausreichende Hemmung der Oberflächenkeimzahl erforderlich. Die Region "angeschnittene Muskulatur" limitiert nämlich die Haltbarkeit des gesamten Schlachttierkörpers. Dagegen neigt das Brustfell nicht zu einem schnellen Verderb, da die glatte Oberfläche bei ausreichender Luftbewegung relativ gut abtrocknet.

3.3.4 Ergänzende Untersuchungen zur Ermittlung des Oberflächenkeimgehaltes

Die nachgewiesenen Keimzahlen unterhalb der üblicherweise zur Bestimmung der Oberflächenkeimzahl herangezogenen Oberflächenschicht der Probeentnahmestellen ließen erkennen, daß in etwa 3 bis 6 mm unter der Oberfläche der Schlachttierkörper nur ein mäßiger Keimgehalt anzutreffen ist. Nachstehend werden diese Keimzahlen pro cm^2 angegeben.

Von den 19 durchgeführten Keimzahlbestimmungen lagen 17 zwischen 1 und 3 log pro cm^2 Fleisch, die beiden übrigen Keimzahlen betrugen 4,04 log und 4,50 log pro cm^2. Die letzteren Werte sind in einer Fleischregion bestimmt worden, in der ein aus der Oberfläche in die Tiefe ziehender Bindegewebsstrang lag. Im Bereich solcher Bindegewebsstränge können proteolytische Bakterien bevorzugt in das Fleichinnere eindringen (GILL und PENNEY, 1977).

Im Vergleich zu den 3 bis 6 mm unter der Oberfläche ermittelten Keimzahlen lagen die Oberflächenkeimzahlen (Keimgehalt bis 3 mm Tiefe) der "unversehrten Muskulatur" bei 7,54, 7,50, 8,74 und 7,69 log pro cm^2. Bei der "Faszie über Muskulatur" lagen die entsprechenden Oberflächenkeimzahlen bei 8,95, 7,38, 8,69 und 7,77 log pro cm^2.

In der Tabelle 15 werden sämtliche Keimzahlen der Fleischschicht in 3 bis 6 mm Tiefe aufgeführt, wobei diese Werte nicht bestimmten Oberflächenwerten zugeordnet werden können.

Tab. 15: Keimgehalt (lg Ncm^{-2}) in 3 bis 6 mm Fleischtiefe, bestimmt unterhalb der Probeentnahmestellen "unversehrte Muskulatur" und "Faszie über Muskulatur"

"unversehrte Muskulatur"		"Faszie über Muskulatur"
1,30	3,27	3,85
2,30	4,04	4,50
2,82	2,47	1,47
3,46	1,30	1,00
3,57	1,00	1,00
2,44		3,57
1,90		2,30

4. DISKUSSION

In den meisten Entwicklungsländern werden Schlachttierkörper traditionsgemäß nicht unter Einsatz von Kühlung gelagert; es besteht vielmehr ein System des "schnellen Umschlags" vor Ort: Das während der Nacht oder morgens frisch geschlachtete Fleisch ist noch am gleichen Tag beim Verbraucher, wird also noch am Schlachttag verzehrt. Das Funktionieren dieses Vermarktungsprinzips basiert darauf, daß sich die den Verderb verursachenden Mikroorganismen innerhalb der Zeitspanne bis zur Zubereitung des Fleisches, auch bei guten Wachstumsbedingungen, nicht so vermehren können, daß Verderb und Genußuntauglichkeit eintreten.

Dieses gewachsene und bewährte System eignet sich noch immer gut für Schlachtungen in den Dörfern oder kleinen Städten vieler Entwicklungsländer. In den letzten Jahrzehnten ist jedoch ein Wandel eingetreten. Aufgrund von Strukturveränderungen und der Bildung von Ballungsräumen auch - und gerade - in Entwicklungsländern ist häufig ein größerer Zeitaufwand für die Distribution des Fleisches, d. h. für Lagerung, Transport und Verteilung notwendig geworden. Um das Rohmaterial in dieser Zeit vor dem Verderb zu schützen, werden haltbarkeitsverbessernde Maßnahmen erforderlich. Wo es möglich ist, wurde dazu bisher die kostenaufwendige Kühlung eingesetzt, deren allgemeine Anwendung jedoch aus wirtschaftlichen Gründen große Schwierigkeiten bereitet. Die in Entwicklungsländern erforderlichen Lagerzeiten für Schlachttierkörper haben großenteils den Charakter einer "Zwischenlagerung" und können im Hinblick auf die übliche Zubereitung des Fleisches relativ kurz sein, wobei im allgemeinen 2 bis 3 Tage, längstens 4 bis 5 Tage, nicht überschritten werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte ein Verfahren entwickelt werden, das eine Lagerung von Schlachttierkörpern mit vermindertem Kühlaufwand, also bei höheren Lagertemperaturen,

möglich macht. Dazu sind zwei Sprays, die toxikologisch unbedenkliche Substanzen enthalten und durch die eine Hemmung der Keimvermehrung erreicht werden kann, zur Oberflächenbehandlung des Fleisches erprobt und Möglichkeiten zu ihrer Anwendung aufgezeigt worden. Es handelt sich dabei um einen "Sorbatspray" und einen "Säurespray". Den Untersuchungen mit dem Säurespray kommt allerdings aufgrund der geringen Anzahl von Schlachttierkörpern, die bei der Erprobung eingesetzt wurden, nur orientierende Bedeutung zu. Durch die mit diesen Sprays aufgebrachten Substanzen konnte die Keimvermehrung auf Schlachttierkörpern von Rindern und Schafen wirksam verzögert und eine verlängerte Lagerfähigkeit des Fleisches unter den Bedingungen von Entwicklungsländern erreicht werden. Die mit Schafen durchgeführten Untersuchungen bedürfen allerdings noch der Bestätigung an einem größeren Tiermaterial.

Bei Schlachttierkörpern von Rindern wurde in umfangreichen Untersuchungen der Sorbatspray angewandt, mit dem eine Verzögerung der Keimvermehrung auf der Oberfläche des Fleisches nicht nur bei verminderterm Kühlaufwand bei 10 und 15 °C, sondern auch ohne jede Kühlung bei 25 und 35 °C erreicht werden konnte, obwohl naturgemäß bei den letzteren Temperaturen die Haltbarkeit des Fleisches ohnehin geringer ist als mit unterstützender Kühlung.

Nachstehend sollen die Ergebnisse der Modellversuche mit Rindfleischstücken und der Lagerversuche mit Schlachttierkörpern von Rindern und Schafen einschließlich der sich während der Lagerung entwickelnden Keimgehalte auf Schlachttierkörpern diskutiert werden.

4.1 Modellversuche

Die Mehrzahl der in den Modellversuchen verwendeten Sprays erwies sich für eine Anwendung bei Fleisch als nicht ausreichend. Das gilt insbesondere für die untersuchten Sprays auf Säurebasis, die in zahlreichen Zusammensetzungen erprobt wurden. Ihre Anwendung wird zumeist dadurch begrenzt, daß Säuren in wirksamer Kon-

zentration die Fleischfarbe verändern. Wenn die Fleischfarbe unbeeinflußt bleiben soll, kommen nur geringe und damit häufig unzureichend wirksame Säurekonzentrationen in Betracht. Dieser Zielkonflikt konnte lediglich bei essigsäurehaltigen Sprays mit Konzentrationen bis zu 3 % vermieden werden. Die Anwendbarkeit der Essigsäure als Spray oder Tauchlösung ist bei Schlachttierkörpern bereits mehrfach erprobt (CARPENTER, 1972; OCKERMAN et al., 1974; STRINGER, 1975; SMITH et al., 1976; ANDERSON et al., 1980;EUSTACE et al., 1980; EUSTACE, 1981), wobei bei Kühltemperaturen längere Haltbarkeit des Fleisches erzielt wurde.

Häufig führte eine Spray-Behandlung auch zu einer Geruchsbeeinträchtigung beim Fleisch. Das gilt auch für Essigsäure, wobei ein 2- bis 3%iger Essigsäurespray zwar noch etwa 24 Stunden auf der Fleischoberfläche geruchlich wahrnehmbar war, jedoch akzeptabel erschien. Zu deutlichen Geruchsabweichungen des Fleisches führten in den angewendeten Konzentrationen die Salze der PHB-Ester sowie die Benzoe- und Propionsäure, während Kaliumsorbat als geruchlich indifferent empfunden wurde.

Weiterhin sind einige Substanzen erprobt worden, von denen eine haltbarkeitsverbessernde Wirkung über eine Senkung des a_w-Wertes der Fleischoberfläche erwartet wurde. Diese Substanzen hatten in der angewandten Versuchsanordnung für sich allein keine haltbarkeitsverlängernde Wirkung bei Fleisch. Das gilt für Glycerin, 1,3-Propandiol, 64%igen Sirup und Kochsalz. Daher wurde versucht, eine Hemmung des Keimzahlanstiegs bei Fleisch durch eine Kombination von Kochsalz mit Genußsäuren zu erreichen, also im Sinne des Hürdeneffektes. Dabei wurde jedoch beobachtet, daß die Sättigung eines genußsäurehaltigen Sprays mit Kochsalz, im Vergleich zum kochsalzfreien Genußsäurespray, weder zu einer weiteren Verzögerung der Keimvermehrung bei Rinderschlachttierkörpern, noch zur andauernden Senkung des a_w-Wertes der verschiedenen Fleischoberflächen (d. h. angeschnittene Muskulatur, unversehrte Muskulatur, Faszie über Muskulatur) führte (OSTHOLD und LEISTNER, 1982b).

Eine besondere Wirksamkeit weisen die in den Modellversuchen ebenfalls erprobten Sprays auf der Basis von Essigsäure und Natriumdisulfit auf. Diese "Sulfitsprays" entfalten eine ausgeprägte bakterizide Wirkung gegenüber den Mikroorganismen auf Rinderschlachttierkörpern (LEISTNER und OSTHOLD, 1982). Das beruht vor allem auf einer Überführung des antibakteriell unwirksamen Sulfit-Ions in das wirksame Hydrogensulfit-Ion (LÜCK, 1977). Dieser Übergang wird durch den Zusatz von Essigsäure zu derartigen Sprays herbeigeführt. Trotz ihrer guten Wirksamkeit wurden die Sulfitsprays im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter verfolgt, da Sulfit nicht nur stechend riecht und korrosiv wirkt, sondern auch aus toxikologischer Sicht nicht unbedenklich erscheint.

Von der Sorbinsäure ist bekannt, daß sie in den üblichen Anwendungskonzentrationen bakteriostatisch und fungistatisch wirkt. Andererseits können hohe Konzentrationen gegenüber Bakterien (außer Clostridien) und Pilzen auch eine mikrobizide Wirksamkeit entfalten (MELNICK et al., 1954; v. SCHELHORN, 1954). In den durchgeführten Untersuchungen wurde bei dem mit Kaliumsorbat behandelten Fleisch primär nur ein bakteriostatischer Effekt auf die Keimflora beobachtet, d. h. es kam durch den Sorbatspray zu einer Verzögerung der Keimvermehrung, jedoch nicht generell zu einer Abtötung der Mikroorganismen als Folge der Spraybehandlung. Nur gegenüber den Enterobakteriazeen auf Fleisch erwies sich der Sorbatspray als bakterizid.

Die Sorbinsäure und deren Salze werden als "Konservierungsstoffe" bei zahlreichen Lebensmitteln weltweit eingesetzt. Sie sind toxikologisch unbedenklich, denn die LD_{50} (Ratte) der Sorbinsäure wird mit 10,5 g/kg nach peroraler Verfütterung angegeben (DEUEL et al., 1954). Im Hinblick auf die Toleranzmenge für Kaliumsorbat bei der Aufnahme durch den Menschen ist folgendes zu bemerken: Geht man vom ADI-Wert aus (d. i. die Menge eines Zusatzstoffes pro Tag, die ohne Bedenken verzehrt werden kann), der von der WHO/FAO für

Kaliumsorbat mit 12,5 mg/kg Körpergewicht (unconditional) bzw. 25 mg/kg Körpergewicht (conditional) angegeben wird (ANONYMOUS, 1973), dann ergibt sich für den Menschen eine tolerierte Tagesaufnahmemenge von 1 bis 2 g. Geht man nun bei einergroben Überschlagsrechnung vereinfacht davon aus, daß 500 g Sorbatspray (enthalten 100 g Kaliumsorbat) für eine Schlachttierkörperhälfte (mit einem Gewicht von 100 kg) erforderlich sind, dann ergibt sich bis zum Erreichen der Toleranzmenge eine Tagesaufnahme von 1 bis 2 kg "Schlachttierkörper", was in der Praxis wohl nie erreicht wird.

Zur Wirkungssteigerung sind dem Sorbatspray Kochsalz (5 %) und Natriumacetat (5 %) als weitere Inhaltsstoffe beigefügt worden. Über eine synergistische Wirkung von Sorbinsäure und Kochsalz wird im Zusammenhang mit der Konservierung von Lebensmitteln berichtet. Danach soll die hemmende Wirkung der Sorbinsäure auf Mikroorganismen in Gegenwart von Kochsalz stark erhöht werden (COSTILOW et al., 1955; FERGUSON, 1955; RAIBLE, 1956; BALATSOURAS und POLYMENACOS, 1963). Darüber hinaus ist Kochsalz über eine Senkung des a_w-Wertes wirksam. Natriumacetat erwies sich in den eigenen Modellversuchen als geeigneter Wirkstoff. Über die pH-abhängige Wirksamkeit von Natriumacetat gegenüber lebensmittelhygienisch bedeutsamen Mikroorganismen ist wenig bekannt.Eine vollständige Wachstumshemmung weist Natriumacetat in 2%iger Konzentration bei pH 6,8 bis 7,2 gegenüber Bacillus cereus auf (ANGERSBACH, 1971).

4.2 Schlachttierkörper

Der Fleischverderb spielt sich primär auf der Fleischoberfläche ab (siehe 2.2). Folglich sollen Maßnahmen, die die Haltbarkeit verbessern, primär die Keimvermehrung auf der Oberfläche des Fleisches hemmen. Ob derartige Maßnahmen erfolgreich sind, läßt sich aus der Untersuchung der Fleischoberfläche erkennen. Dabei ist die Sensorik das maßgebende Qualitätskriterium, bakteriologische Untersuchungsergebnisse ergänzen den sensorischen Befund (SINELL,1971; BEYER, 1979). Sensori-

sche Veränderungen des Fleisches werden in aller Regel bereits vor dem Nachweis eines erhöhten Keimgehaltes wahrgenommen. Bakteriologisch-kulturelle Untersuchungsergebnisse erlauben jedoch wichtige Rückschlüsse auf die spezifische Wirkweise einer Oberflächenbehandlung.

In den vorliegenden Untersuchungen ist die Haltbarkeit von mit Sorbatspray behandelten Schlachttierkörpern von Rindern bei einer Lagertemperatur von 10 und 15 °C gegenüber den Kontrollen etwa verdoppelt worden. Eine entsprechende Tendenz zeigte sich auch bei 25 und bei 35 °C Lagertemperatur. Bei den zuletzt genannten Temperaturen ist allerdings nur eine relativ geringe Anzahl von Schlachttierkörpern untersucht worden. Daher sollten diese Ergebnisse künftig noch an einer hinreichend großen Tierzahl abgesichert und die Praktikabilität des Verfahrens auch in Feldversuchen erprobt werden.

Von einer Verdoppelung der Haltbarkeit bei Kühltemperaturen wird auch bei Schlachttierkörpern von Hähnchen bei Verwendung einer 5- bis 10%igen Kaliumsorbat-Tauchlösung berichtet (ROBACH und IVEY, 1978; ROBACH, 1979). Dieses Ergebnis ist bemerkenswert, weil die Oberflächen-pH-Werte bei Hähnchen (Haut) in einem für die Wirkung der Sorbinsäure bereits relativ ungünstigen pH-Bereich liegen, und zwar bei 6,2 bis 6,3 (RISTIC, 1982), vergleichbar mit den Oberflächen-pH-Werten der "Faszie über Muskulatur" beim Rind (KRISPIEN, 1978). Wird bei Hähnchen der pH-Wert der Oberfläche durch ein vorangehendes Tauchbad in einer Natriumdihydrogenphosphat-Lösung auf 5,5 gesenkt, ist sogar mehr als eine Verdreifachung der Haltbarkeit zu erzielen (PERRY et al., 1964). Eine 5- oder 10%ige Kaliumsorbat-Tauchlösung wies bei 10 und 22 °C Lagertemperatur beim Geflügel eine signifikante Hemmwirkung gegenüber Salmonellen auf (ROBACH und IVEY, 1978). Auch in den eigenen Untersuchungen ist unter Verwendung des Sorbatsprays eine signifikante Hemmwirkung der Enterobakteriazeen (3.3.2.1) auf der Oberfläche von Rinderschlachttierkörpern festgestellt worden.

Die Schlachttierkörper von Säugetieren erfordern allerdings eine differenzierte Betrachtung im Hinblick auf die Spraywirkung; denn die verschiedenen Oberflächen bestehen entweder aus Muskulatur (angeschnittene und unversehrte Muskulatur), Bindegewebe (Faszien), Fett und beim Schwein aus Schwarte.

Die Fettabdeckung ist auch bei geringer Kühlung und ohne Spraybehandlung über einen ausreichenden Zeitraum mikrobiologisch stabil (vgl. Abbildung 6). Andererseits ist "angeschnittene Muskulatur" gegenüber dem mikrobiellen Verderb besonders anfällig, da dort das umgebende schützende Bindegewebe fehlt und der hohe a_w-Wert der Fleischoberfläche das Wachstum der Mikroorganismen begünstigt (KRISPIEN, 1978). Der Verderb tritt daher stets zuerst auf der "angeschnittenen Muskulatur" auf, während die "unversehrte Muskulatur"und die "Faszie über Muskulatur" erst in deutlichem Abstand dazu in Verderb übergehen (vgl. Abbildung 6). Ein für die Haltbarkeitsverlängerung von Schlachttierkörpern geeigneter Spray muß folglich vor allem auf der "angeschnittenen Muskulatur" eine überzeugende Wirkung entfalten. Wenn die Haltbarkeit des gesamten Schlachttierkörpers beispielsweise verdoppelt werden soll, so ist dies in erster Linie an der "angeschnittenen Muskulatur" zu testen.

Der Sorbatspray zeichnet sich bei der "angeschnittenen Muskulatur" durch eine starke Wirksamkeit aus, denn diese Tierkörperoberfläche hat nach KRISPIEN (1978) bei normalem Rindfleisch einen pH-Wert zwischen 5,6 und 5,9, und dieser pH-Bereich ist günstig für die Wirkung der Sorbinsäure. Dagegen überzeugte der Säurespray bei der Entnahmestelle "angeschnittene Muskulatur" weniger (siehe 3.3.3.1). Als Erklärung dafür kommt in Betracht, daß die durch den Säurespray herbeigeführte pH-Wert-Verminderung der Oberfläche - und darauf beruht die Wirkung des Säuresprays - durch das starke Puffervermögen des Fleisches (HONIKEL und HAMM, 1974) zumal auf der "angeschnittenen Muskulatur" innerhalb von wenigen Stunden weitgehend ausgeglichen wird. Andererseits zeigte der Säurespray eine sehr gute Wirksamkeit auf der Ober-

fläche "Faszie über Muskulatur", bei der die pH-Wert-Senkung am nachhaltigsten war. Der Sorbatspray hingegen führte dort nur zu einer vergleichsweise geringeren Verzögerung des Wachstums der Bakterien im Verlauf der Lagerzeit, was wiederum auf die für die Wirkung der Sprayinhaltsstoffe weniger günstigen Oberflächen-pH-Werte zurückgeführt wird. Dieser Vergleich erfolgt unter dem Vorbehalt, daß die "Faszie über Muskulatur" unter den Versuchsbedingungen bei Schafen (vgl. 3.3.3.1) einen die Vermehrung der Mikroorganismen nicht begünstigenden niedrigen oberflächlichen a_w-Wert aufwies. Hingegen muß bei den Tierkörperoberflächen der untersuchten Rinder von einer höheren Oberflächenfeuchtigkeit ausgegangen werden, da hier die Tierkörper nach dem Erschlachten mit Wasser abgeduscht worden sind.

Die Haltbarkeitsfristen der verschiedenen Tierkörperoberflächen wurden durch die Spraywirkung unterschiedlich verlängert. Wenn eingangs die Aussage getroffen wurde, daß der Sorbatspray die Haltbarkeit von Schlachttierkörpern von Rindern verdoppelte, dann orientierte sich dies an der "angeschnittenen Muskulatur". Würde man für die Beurteilung nur die "Faszie über Muskulatur" zugrunde legen, so wäre eine Verdoppelung der Haltbarkeit nicht gegeben, wie vor allem die Untersuchungen der Rinderschlachttierkörper bei 25 und 35 °C Lagertemperatur verdeutlichten (vgl. 3.3.2.3 und 3.3.2.4). Erste Anzeichen von "Verderb" traten nämlich bei der "Faszie über Muskulatur" bei den behandelten Tierkörpern nur Stunden später als bei den Kontrollen auf.

Aufgrund der Oberflächen-pH-Verhältnisse sollte erprobt werden, die beiden Sprays miteinander zu kombinieren, d. h. nacheinander aufzusprühen. Eine Mischung der beiden Sprays ist nicht möglich, da Kaliumsorbat in saurem Milieu ausfällt (LÜCK, 1969). Die kombinierte Anwendung von Sorbinsäure oder Sorbaten mit Genußsäuren ist nur als Pulver ("Salz")möglich, wie das zur Haltbarkeitsverbesserung beim Fisch im Modell beschrieben ist (OSTHOLD und LEISTNER, 1983). Während das Salzen der Fische durchaus üblich ist, erscheint eine Salzanwendung bei Schlacht-

tierkörpern von Säugetieren kaum praktikabel. In Analogie zu den Untersuchungen zur Haltbarkeitsverlängerung bei Hähnchen von PERRY et al. (1964) wäre jedoch folgendes zu erwägen:

1. Eine Erniedrigung des Oberflächen-pH-Wertes des gesamten Schlachttierkörpers von Rindern und Schafen könnte mit dem Säurespray angestrebt werden, um die pH-abhängige Wirkung des Sorbatsprays (Anwendung kurze Zeit nach der Säurespraybehandlung) noch zu steigern.

2. Der gesamte Tierkörper könnte mit dem Säurespray behandelt werden, und n u r die "angeschnittene Muskulatur" besprüht man anschließend mit Sorbatspray. Dabei könnte aufgrund der pH-Wert-Senkung sogar mehr als eine Verdoppelung der Haltbarkeit bei der "angeschnittenen Muskulatur" erzielt werden, während die Haltbarkeit der "unversehrten Muskulatur" und die der "Faszie über Muskulatur" in ausreichendem Maße allein durch den Säurespray erzielt würden, und daher eine Verdoppelung der Haltbarkeit für den gesamten Schlachttierkörper zu erwarten ist. Die hier vorgeschlagene "Spraykombination" ist auch insofern interessant, als die Kosten des Säuresprays nur etwa ein Zehntel derjenigen des Sorbatsprays betragen.

Der Einfluß der wichtigsten Parameter auf die Haltbarkeit von Schlachttierkörpern ist unter 2.2 ausführlich besprochen worden. In diesem Zusammenhang kommt der Kühltemperatur ein überragender Stellenwert zu, ebenso auch dem Oberflächen-a_w-Wert, der seinerseits vom relativen Feuchtegehalt der Umgebungsluft und von der Luftbewegung beeinflußt wird. Durch das Abduschen der Schlachttierkörper mit Wasser nach dem Erschlachten wird der a_w-Wert erhöht. Legt man für die relative Feuchte bei der Lagerung von Schlachttierkörpern einen Richtwert von 90 % zugrunde (WIRTH et al., 1976), dann sind die Untersuchungen mit dem Säurespray (siehe 3.3.3.1) bei 78 und 85 % rF in mikrobiologischer Hinsicht unter sehr günstigen Bedingungen abgelaufen.

Der mäßige Keimzahlanstieg verdeutlicht den haltbarkeitsbegünstigenden Einfluß niedriger Fleischoberflächen-a_w-Werte. Sogar die Kontrollen wiesen nach 3 Tagen Lagerzeit bei 10 °C noch akzeptable Keimzahlen zwischen 5 und 6 log pro cm^2 auf (Abbildung 26). Diese Untersuchungsergebnisse haben die allgemein bekannte Bedeutung der "a_w-Hürde" bei der Lagerung von Schlachttierkörpern bestätigt. Für die Lagerung bei vermindertem Kühlaufwand, d. h. bei Kühltemperaturen $\geq$ 10 °C, sollte daher im Sinne eines "Hürdeneffektes" eine etwas niedrigere relative Luftfeuchtigkeit als üblich, etwa im Bereich von 85 %, angestrebt werden. Weiterhin wäre zu prüfen, ob das Abduschen der Tierkörper mit Wasser nach dem Schlachten auf eine kürzere Zeitdauer beschränkt werden oder gänzlich unterbleiben sollte.

Sämtliche Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Arbeit beruhen auf einer Sprayanwendung auf Warmfleisch. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die unmittelbar nach dem Schlachtvorgang auf die Fleischoberfläche gelangten Mikroorganismen noch in der lag-Phase befinden und einer Spraybehandlung gut zugänglich sind. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Anwendung der Sprays auch bei Kaltfleisch interessant erscheint (siehe 2.3.2). Im Hinblick auf eine energiesparende Fleischlagerung könnte auch durch eine wiederholte Spraybehandlung (diese auf Kaltfleisch) möglicherweise eine weitere Haltbarkeitsverlängerung erreicht werden. Während die Spraywirkung von Genußsäuren auf Kaltfleisch bereits untersucht worden ist (BALA et al., 1977; ANDERSON et al., 1979), stehen derartige Untersuchungen mit Sorbatspray noch aus.

4.3 Keimflora

Über die Entwicklung der Oberflächenflora von Schlachttierkörpern bei Kühltemperaturen liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Danach gewinnt die Gattung Pseudomonas im Verlauf der Lagerzeit zunehmend an Bedeutung und stellt bald den Hauptanteil der Verderbnisflora (AYRES et al., 1950; AYRES, 1955, 1960a, b; LEISTNER, 1956; LUDWIG, 1964; BARNES und THORNLEY, 1966; BARNES und

SHRIMPTON, 1968; INGRAM und DAINTY, 1971; HECHELMANN und BEM, 1974; GILL und NEWTON, 1977; LEISTNER, 1979; SIBOMANA, 1980; LEISTNER et al., 1981).

Auch bei Lagertemperaturen bis zu 15 °C herrschen Pseudomonaden auf Fleisch zwar noch vor, Mikrokokken und Enterobakteriazeen treten nun jedoch in größerem Ausmaß auf (GARDNER, 1965; BARNES und THORNLEY, 1966), da die Temperatur den Pseudomonaden keinen so eindeutigen Selektionsvorteil mehr bietet. In den eigenen Untersuchungen stellten bei den Kontrolltieren die Pseudomonaden und Enterobakteriazeen zusammen bei 25 °C den Hauptanteil der Verderbnisflora (vgl. 3.3.2.3), gefolgt von Mikrokokken. AYRES (1960a, b) berichtete, daß bei Lagertemperaturen zwischen 15 und 25 °C die Mikrokokken gleichauf mit Pseudomonaden die Hauptverderbnisflora von Fleisch ausmachen. Zur dominanten Keimflora entwickelten sich in den eigenen Untersuchungen mit unbehandelten Rinderschlachttierkörpern bei 35 °C Lagertemperatur ebenfalls die Enterobakteriazeen zusammen mit den Pseudomonaden zur vorherrschenden Verderbnisflora. Andere Keimarten lagen in relativ geringen Keimzahlen vor.

Grundsätzlich anders entwickelte sich die Oberflächenflora auf den mit Sorbatspray behandelten Schlachttierkörpern von Rindern: Bei 25 °C Lagertemperatur traten die Enterobakteriazeen nur noch in unbedeutendem Ausmaß auf, während die Hauptverderbnisflora von Pseudomonaden und Mikrokokken gestellt wurde. Ebenso eindeutig fiel die Hemmung des Enterobakteriazeen-Wachstums durch Sorbatspray bei 35 °C Lagertemperatur aus, bei der die Hauptverderbnisflora nur noch aus Mikrokokken und Laktobazillen bestand, gefolgt von Pseudomonaden. Alle anderen Keimgruppen traten deutlich in den Hintergrund. Es ist denkbar, daß die Laktobazillenflora, die unter der Sorbatwirkung einen Selektionsvorteil erhält, eine antagonistische Wachstumshemmung auf andere Keimgruppen ausübt. Eine Verbesserung der Haltbarkeit von Fleisch durch Laktobazillen ist experimentell nachgewiesen worden (SILLIKER et al., 1960; RACCHACH et al., 1979), wobei antagnosti-

sche Wirkungen gegenüber Pseudomonaden, Salmonellen und Staphylokokken beobachtet wurden (RACCHACH et al., 1979).

Es ist bemerkenswert, daß unter Sorbatspraybehandlung bei 25 und 35 °C Lagertemperatur nunmehr Keimgruppen mit vorwiegend saccharolytischen Eigenschaften (Mikrokokken und Laktobazillen) vorherrschten, die fleischhygienisch relativ unbedeutend sind, da sie allenfalls zur Säuerung führen (SINELL, 1968). Bei den unbehandelten Schlachttierkörpern stellten dagegen hauptsächlich Proteolyten, und zwar Pseudomonaden und Enterobakteriazeen, die vorherrschende Keimflora. Der unter Sorbatspraybehandlung bei solchen Lagertemperaturen aufgetretene Wandel in der Keimgruppenentwicklung unter Bevorzugung der Saccharolyten erklärt, warum derartige Tierkörper auch bei hohen Keimgehalten noch eine relativ günstige sensorische Beurteilung erhielten. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung von PERRY et al. (1964), die feststellten, daß Hähnchen nach Sorbinsäurebehandlung bei 7,2 °C Lagertemperatur auch bei hohen Gesamtkeimzahlen zwischen 6 und 7 log pro cm^2 keine Geruchsabweichung aufweisen. Eine Erklärung hierfür hatten die Autoren nicht,jedoch käme auch hier eine Wachstumsbeeinträchtigung der Proteolyten durch Sorbinsäure in Betracht.

Hefen und Schimmelpilze spielen bei der Lagerung von Schlachttierkörpern unter herkömmlichen Lagertemperaturen im Hinblick auf den Fleischverderb nur eine untergeordnete Rolle. Sobald die Lagertemperaturen jedoch 10 °C überschreiten, kommt es bald zu einem Auftreten von Hefen und Schimmelpilzen (TOKAR et al.(1979). Die Anwendung genußsäurehaltiger Sprays fördert sogar das Pilzwachstum (OSTHOLD und LEISTNER, 1982b), da niedrige pH-Werte der Fleischoberfläche und eine wirksame Unterdrückung des Bakterienwachstums offensichtlich das Aufkommen von Hefen und Schimmelpilzen begünstigen.

4.4 Empfehlungen für die praktische Anwendung

Nachstehend sollen auf der Grundlage der in den vorliegenden

Untersuchungen erarbeiteten Ergebnisse einige Empfehlungen für die praktische Anwendung der Spraybehandlung von Rinderschlachttierkörpern gegeben werden. Im Sinne einer tatsächlichen Haltbarkeitsverlängerung bei Lagertemperaturen $\geq$ 10 °C kann diese Behandlung nur dann erfolgreich sein, wenn eine einwandfreie Schlachthygiene praktiziert wird. Dazu gehören vor allem

- gesundes, genügend ausgeruhtes Tiermaterial
- eine "GMP" (Good Manufacture Practice)-Bedingungen entsprechende Durchführung der Schlachtung, Eviszeration und Zerlegung
- Vermeidung des Abduschens der Tierkörperviertel bzw. -hälften
- Vermeidung des oberflächlichen Berührens der Tierkörper mit den Händen und mit der Schlachtung nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehenden Gerätschaften oder sonstigen Gegenständen.

Unter diesen Voraussetzungen sollte die Anwendung der Spraybehandlung in folgender Weise erfolgen;

1. Die Schlachttierkörper sollten schlachtwarm und am Ort der Lagerung mit dem Spray behandelt werden. Die Spraybehandlung der Fleischoberfläche muß sorgfältig erfolgen und vollständig sein. Bei Schlachttierkörpern von Rindern sollen je nach Größe 300 bis 500 ml Spray pro Tierkörperhälfte verwendet werden. Für Schlachttierkörper von Schafen und Ziegen werden, je nach Größe, für einen ungespaltenen Schlachttierkörper 300 bis 400 ml Spray benötigt.

2. Bei der Lagerung ungespaltener Schlachttierkörper müssen Bauch- und Brusthöhle mittels Spreizen offengehalten werden. Auf diese Weise können die Körperhöhlen abtrocknen, wodurch die Haltbarkeit dieser Tierkörperoberflächen wesentlich verbessert wird. Das Zwerchfell soll zweckmäßigerweise dicht am Rippen- bzw. Bauchfellansatz abgetrennt

werden, da sich sonst unter dem Zwerchfell aufgrund eines hohen a_w-Wertes schnell eine Keimvermehrung einstellen kann.

3. Die Tierkörper sollen sich bei der Lagerung nicht berühren, da derartige Berührungsflächen einen hohen oberflächlichen a_w-Wert aufweisen und damit das Verderbnisrisiko an diesen Stellen beträchtlich erhöht wird.

4. Es sollte eine angemessene Luftbewegung ($\geq$ 0,5 m/sec) im Kühlraum gegeben sein, die eine gute Belüftung sämtlicher Tierkörper sicherstellt. Gleichzeitig sollte nach Möglichkeit die relative Luftfeuchtigkeit im Lagerraum nicht zu hoch sein; anzustreben ist ein rF-Wert von etwa 85 %. Die Kombination einer ausreichenden Luftbewegung mit einer nicht zu hohen Luftfeuchtigkeit führt zu einer oberflächlichen Abtrocknung der Schlachttierkörper und unterstützt dadurch die Spraywirkung sehr wesentlich (Hürdeneffekt).

Die Empfehlungen gelten nicht für Innereien. Sie sind in herkömmlicher Weise zu kühlen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte festgestellt werden, ob und unter welchen Bedingungen die Schlachttierkörper von Rindern und Schafen bei geringer oder fehlender Kühlung ausreichend lange gelagert werden können. Entsprechende energiesparende Verfahren sind besonders für Entwicklungsländer von Interesse, da sich dort einerseits die üblichen Kühltechnologien der Industrieländer als zu kostenaufwendig erwiesen haben und andererseits traditionelle Verfahren oder Distribution des Fleisches nach dem Prinzip des "schnellen Umschlags" in den zunehmenden Ballungsgebieten an Bedeutung verlieren. In Entwicklungsländern haben die Lagerzeiten für Schlachttierkörper meist den Charakter einer "Zwischenlagerung" und sind entsprechend kurz, da auf eine Fleischreifung, z. B. bei Rindfleisch, kaum Wert gelegt wird. Diese relativ kurzen Lagerzeiten begünstigen den Einsatz von energiesparenden Verfahren.

Zur Bearbeitung dieser Problemstellung wurden zunächst in Modellversuchen 39 Substanzkombinationen an jeweils 2 Rindfleischstücken zu je 500 g erprobt, wobei aufgrund des sensorischen Befundes und der erzielten Hemmung des Oberflächenkeimgehaltes die für eine Haltbarkeitsverlängerung geeigneten Zusammensetzungen von Sprays für eine Oberflächenbehandlung des Fleisches ausgewählt worden sind. Diese Modellversuche sowie weiterführende Lagerversuche mit Rindervierteln wurden in Klimaräumen der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, durchgeführt. Die praktische Erprobung der dabei entwickelten Spraykombinationen zur Oberflächenbehandlung von Fleisch erfolgte jedoch in Entwicklungsländern: Ein sog. Sorbatspray wurde an Schlachttierkörpern von Zeburindern im Schlachthof von Ferkessédougou, Elfenbeinküste,West-Afrika, erprobt und ein sog. Säurespray an Schlachttierkörpern von Awassischafen in einem Sanitätsschlachtraum in Nicosia, Zypern. Durch Anwendung dieser Sprays konnte die Haltbarkeit von Schlachttier-

körpern bei verschiedenen Lagertemperaturen, aufgrund einer Verzögerung des mikrobiellen Verderbs der Fleischoberfläche, wie folgt verbessert werden:

Die Wirkung des S o r b a t s p r a y s (Zusammensetzung: 20 % Kaliumsorbat, 5 % Natriumacetat, 5 % Natriumchlorid, ad 100 % Wasser) ist an Rindervierteln und Rinderhälften erprobt worden, die in schlachtwarmem Zustand besprüht und anschließend bis zum Eintreten des mikrobiellen Verderbs gelagert wurden. Bei 10 °C wurden 7 Rinder gelagert, von denen jeweils die eine Hälfte besprüht wurde und die andere Hälfte unbehandelt blieb. Bei den mit dem Sorbatspray behandelten Rinderhälften ließ sich eine Haltbarkeit von 5 bis 6 Tagen erzielen, während die Kontrollen nur eine Haltbarkeit von 2 bis 3 Tagen aufwiesen. Bei 15 °C wurden 17 Rinder gelagert, wobei der Sorbatspray eine Haltbarkeit der behandelten Hälften von 4 Tagen gewährleistete, während die entsprechenden Kontrollhälften nur 2 Tage haltbar waren. Vor allem die Vermehrung der Enterobakteriazeen auf der Fleischoberfläche wurde durch die Sorbatspray-Behandlung stark gehemmt. Am Ende der Lagerung wurden die zur Verfügung stehenden insgesamt 24 Schlachttierkörper von Rindern zerlegt, dabei zeigte sich, daß in keinem Fall eine Tiefenfäulnis eingetreten war, obwohl die Fleischoberflächen zu diesem Zeitpunkt aufgrund des sehr starken Bakterienwachstums verdorben waren. Auch in ergänzenden Untersuchungen konnte bestätigt werden, daß das Risiko einer Tiefenfäulnis bei Schlachttierkörpern von Rindern bis zu einer Lagertemperatur von 15 °C sehr gering ist.

Da in Entwicklungsländern häufig überhaupt keine Kühlung zur Verfügung steht, wurden weitere Untersuchungen mit Vordervierteln von 2 Rindern bei 25 °C und von 3 Rindern bei 35 °C bei hoher Luftfeuchtigkeit in einem Klimaraum durchgeführt, wobei jeweils die rechten Rinderviertel mit Sorbatspray behandelt wurden und die linken Viertel unbehandelt blieben. Auch in diesen Versuchen zeigte sich in der Tendenz eine Verdoppelung

der Haltbarkeit des Fleisches nach Anwendung des Sorbatsprays, wobei die Haltbarkeitsfristen mit ansteigender Lagertemperatur naturgemäß kürzer waren. Bei 25 und 35 °C Lagertemperatur stellten die Enterobakteriazeen, zusammen mit den Mikrokokken und Pseudomonaden, den Hauptanteil der Verderbnisflora des unbehandelten Fleisches dar, während bei den mit dem Sorbatspray behandelten Schlachttierkörpern die Enterobakteriazeen stark gehemmt wurden und nunmehr die Mikrokokken und Laktobazillen vorherrschend die Oberflächenflora ausmachten.

Die Wirkung des Sorbatsprays ist abhängig vom pH-Wert der Fleischoberfläche, wobei niedrige Fleischoberflächen-pH-Werte die Spraywirkung erheblich steigern. Zur besseren Beurteilung der Sorbatspraywirkung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Tierkörperoberflächen zu unterteilen. Die Oberfläche "angeschnittene Muskulatur" weist die niedrigsten pH-Werte auf, und dort war daher der Sorbatspray am wirksamsten. Das ist insofern von Bedeutung, als hier bei unbehandeltem Fleisch der Verderb stets zuerst auftritt und dadurch die Haltbarkeit des gesamten Schlachttierkörpers limitiert. Die Oberflächen-pH-Werte der "Faszie über Muskulatur" liegen dagegen in einem für die Wirkung des Sorbatsprays relativ ungünstigen Bereich, so daß dort dessen bakteriostatische Wirkung weniger deutlich auftrat. Im Hinblick auf eine ausreichende Haltbarkeit dieser Oberfläche sollten die Schlachttierkörper zur Unterstützung des Sorbatsprays bei nicht zu hoher Luftfeuchtigkeit gelagert werden, um relativ niedrige Fleischoberflächen-a_w-Werte zu gewährleisten, die wesentlich zu einer ausreichenden Haltbarkeit des Fleisches beitragen.

Die Wirkung des S ä u r e s p r a y s (Zusammensetzung: 2,0 % Essigsäure, 1,1 % Milchsäure, 0,25 % Citronensäure, 0,1 % Ascorbinsäure, ad 100 % Wasser) ist in orientierenden Untersuchungen an 5 Schlachttierkörpern von Schafen geprüft worden, von denen in schlachtwarmem Zustand die rechte Seite besprüht wurde, während die linke Seite als Kontrolle diente. Die La-

gerung der Tierkörper über 5 Tage bei 10 °C ergab, daß durch den Säurespray der Oberflächenkeimgehalt deutlich vermindert und während der gesamten Lagerzeit auf einem wesentlich niedrigeren Niveau als bei den Kontrollen gehalten wurde. Denn im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen wiesen die mit dem Säurespray behandelten Oberflächen bereits nach dem Einsprühen signifikant geringere Keimzahlen auf, und im Verlauf der Lagerung unterschieden sich die Keimzahlen zwischen den behandelten und den unbehandelten Fleischoberflächen um 1,5 bis 2,0 log pro cm^2. Die Tierkörper sind in dieser Versuchsreihe nicht bis zum Verderb gelagert worden, die bakteriologischen Daten lassen jedoch auch aufgrund der Anwendung des Säuresprays eine deutliche Verlängerung der Haltbarkeit, und zwar etwa um den Faktor 1,5, erkennen. Dabei überzeugte die Wirkung des Säuresprays vor allem bei der Oberfläche "Faszie über Muskulatur", denn dort verursachte dieser Spray die nachhaltigste Absenkung des oberflächlichen pH-Wertes.

Sowohl der Sorbatspray als auch der Säurespray enthalten in der empfohlenen Zusammensetzung toxikologisch unbedenkliche Substanzen. Der Sorbatspray ist etwas wirksamer als der Säurespray, andererseits ist nur der letztere in der Bundesrepublik Deutschland lebensmittelrechtlich zulässig, während das bei dem Sorbatspray gegenwärtig nicht der Fall ist. Eine Kombination beider Sprays, die hintereinander angewendet werden müssen,da sie sich nicht mischen lassen, erscheint erfolgversprechend, da auf diese Weise die Wirkung der Spraybehandlung noch weiter gesteigert und die Kosten (wenn der Sorbatspray nur für die Oberfläche "angeschnittene Muskulatur" verwendet würde) gesenkt werden könnten. Entsprechende Versuche bleiben weiterführenden Untersuchungen vorbehalten.

6. SUMMARY

Spray treatment of carcass meat to prolong storage-life under slight or lacking refrigeration

- An investigation for developing countries -

The investigation conducted should demonstrate, whether and under what conditions carcasses of beef or sheep could be stored for a sufficient time under slight or lacking refrigeration. Such energy-saving storage methods are of special interest for developing countries, as in these countries the refrigeration technology, which is used in the industrialized countries, turned out to be too costly, and on the other hand, the traditional method of a "fast turnover" of carcass meat is loosing its importance, especially in densely populated regions. In developing countries the storage periods of carcasses are relatively short in general, as they have the character of a "transitional storage", because due to the usual cooking habits there is rather no demand for ripened meat. These short storage periods facilitate the introduction of processes which are acceptable from the economical and hygienic point of view.

In order to find a suitable solution to the problem stated above, initially modell experiments with 39 combinations of chemical substances were conducted, by using for each combination two slices (each 500 g) of beef, which were stored at 10 or 15 °C. The tested substances were applied as sprays. Based on the sensoric appearance of the meat and the degree of inhibition of microbial growth on the surface of the samples, the most favorable combinations of the substances tested were selected. These modell experiments

as well as further confirmative studies with beef quarters were conducted in climatic controlled chambers of the Federal Centre of Meat Research in Kulmbach.However, the practical evaluation of the two most effective sprays was carried out in developing countries. A so-called 'sorbate-spray' was tested in the slaughterhouse of Ferkessédougou, Ivory Coast, West Africa, on carcasses of Zebu cattle. Furthermore, a so-called 'acid-spray' was tested on carcasses of Awassi sheep at an experimental slaughterhouse in Nicosia, Cyprus. Both sprays improved the storage-life of these carcasses considerably at different storage temperatures by inhibiting microbial growth on the meat surface. The following results were obtained:

The efficiency of the ' s o r b a t e - s p r a y ' (composition: 20 % potassium sorbate, 5 % sodium acetate, 5 % sodium chloride, ad 100 % water) had been tested on beef halfs or quarters, which were sprayed immediately after slaughter and afterwards stored until spoilage occurred. At 10 °C seven beef carcasses were stored; of each carcass one half was sprayed and the other remained untreated. With the treated halfs a storage-life of 5 to 6 days was obtained, whereas the control halfs had a storage-life of 2 to 3 days only. At 15 °C seventeen beef carcasses were stored, and at this temperature the 'sorbate-spray' led to a storage-life of 4 days, whereas the control halfs could only be stored in good condition for 2 days. Especially the growth of Enterobacteriaceae on the meat surface was strongly inhibited by the 'sorbate-spray'. The cut up of the available twentyfour beef carcasses at the end of the storage periods proved that none was spoiled in the interior, although the meat surfaces due to the heavy growth of bacteria showed already putrefaction. Additional experiments confirmed that the risk of internal spoilage of beef carcasses up to 15 °C storage temperature is low.

Very often, chilling facilities are missing completely in developing countries. Therefore, in further experiments at high relative humidity four quarters of two beef carcasses were stored at 25 °C and of three beef carcasses at 35 °C in climate rooms. The right fore quarters of each carcass were treated with the 'sorbate-spray' and the left quarters were kept as controls. Also under these conditions a tendency towards a storage-life of the treated meat twice as long as untreated carcasses was discernible. Of course spoilage occurred sooner at the higher temperature. On the untreated quarters Enterobacteriaceae, together with Micrococcaceae and Pseudomonadaceae, were the predominant spoilage flora at 25 and 35 °C, whereas on the quarters treated with the 'sorbate-spray' the Enterobacteriaceae were strongly inhibited and Micrococcaceae and Lactobacillaceae represented the main portions of the surface flora.

The effectiveness of the'sorbate-spray' depends on the pH-value of the meat surface, a low pH allowing a much higher efficiency of this spray. It turned out to be useful for the evaluation of the spray treatment to differentiate between three surface regions of the carcass: cut muscle, intact muscle and fascia over muscle. The cut muscle has the lowest pH, and therefore the 'sorbate-spray' is most effective on this region. This is important, as with untreated meat the cut muscle surface is the first to spoil, and thus limits the storage-life of the whole carcass. The surface pH of the fascia over muscle is not so favorable for the 'sorbate-spray', hence this spray proved less bacteriostatic in this region. In order to obtain a sufficient storage-life of this surface region the effectiveness of the'sorbate-spray' should be supported, if feasible, by a relative humidity low enough to decrease the a_w of the meat surface. Certainly a low surface a_w can improve storage-life of meat considerably.

The efficiency of the 'acid-spray' (composition: 2.0 % acetic acid, 1.1 % lactic acid, 0.25 % citric acid, 0.1 % ascorbic acid, ad 100 % water) was tested in preliminary experiments with five sheep carcasses. The right half of each carcass was sprayed immediately after slaughter, the left half remained untreated and served as control. The carcasses were stored for 5 days at 10 °C. The total counts of the meat surfaces revealed that the 'acid-spray' reduced the surface flora considerably and sustained the bacterial growth on the treated halfs on a lower level during the whole storage period. Because, in comparison with the control halfs the 'acid-spray' significantly reduced the total bacterial counts immediately after treatment and during storage the total counts of the treated surface remained 1.5 to 2.0 log/cm^2 below the control surface. In this experiment the carcasses could not be stored until spoilage occurred, however, the bacteriological data suggest that due to the application of the 'acid-spray' the storage-life of the sheep carcasses could be prolonged about 50 % compared with untreated meat. The'acid-spray' was most effective on the region fascia over muscle, because in this region the pH of the surface was lowered persistently by the acid treatment.

The 'sorbate-spray' as well as the 'acid-spray' contain only substances, which from the toxicological point of view are considered safe. Therefore, the application of these sprays in the recommended composition to meat is harmless. The 'sorbate-spray' is somewhat more effective than the 'acid-spray' in prolonging the storage-life of meat. However, the application of the 'acid-spray' to carcass meat is legal in the Federal Republic of Germany, whereas the 'sorbate-spray' has until now not been approved. Probably a combination of both sprays would further enhance their effectiveness. However, it is impossible to mix both sprays, but a consecutive application is feasible. If the 'sorbate-spray' is only used for the most critical surface region (cut muscle), and the other regions are treated with the 'acid-spray', then the costs per carcass of the spray treatment could be reduced considerably. Corresponding investigations are suggested for further experiments.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ALTHOFF, W.: Vergleichende Untersuchungen über die Haltbarkeit von frischem Fleisch bei± 0 °C und +4 °C im Kühlhaus.
Vet. med. Diss., Hannover, 1936

ANDERSON, M. E., MARSHALL, R. T., STRINGER, W. C. and NAUMANN, H. D.: Efficacies of three sanitizers under six conditions of application to surfaces of beef.
J. Fd. Sci. 42, 326-329 (1977 a)

ANDERSON, M. E., MARSHALL, R. T., STRINGER, W. C. and NAUMANN, H. D.: Combined and individual effects of washing and sanitizing on bacterial counts of meat - a model system.
J. Fd. Prot. 40, 668-670 (1977 b).

ANDERSON, M. E., MARSHALL, R. T., STRINGER, W. C. and NAUMANN, H. D.: Microbial growth on plate beef during extended storage after washing and sanitizing.
J. Fd. Prot. 42, 389-392 (1979)

ANDERSON, M. E., MARSHALL, R. T., STRINGER, W. C. and NAUMANN, H. D.: In-plant evaluation of a prototype carcass cleaning and sanitizing unit.
J. Fd. Prot. 43, 568-570 (1980)

ANGERSBACH, H.: Systematische mikrobiologische und technologische Untersuchungen zur Verbesserung der Beschaffenheit vom Tier stammender Lebensmittel.
Fleischwirtschaft 51, 205-210 (1971)

ANONYMOUS: Joint FAO/WHO food standards progr.: Codex Alimentarius Commission list of additives evaluated for their safety -in-use in food.
CAC/FAL 1, 1973 FAO/WHO, Rom, 30 (1973)

ANONYMOUS: Handbuch Nährböden MERCK
Herausgeber: Fa. MERCK, Darmstadt, 1980

AYRES, J. C., OGILVY, W. S. and STEWART, G. F.: Post mortem changes in stored meats. I. Microorganisms associated with the development of slime on eviscerated cut-up poultry.
Food Technol. 4, 199-205 (1950)

AYRES, J. C.: Microbiological implications in the handling, slaughtering, and dressing of meat animals. In: MRAK, E.M. and STEWART, G. F. (eds.): Advances in Food Research. Academic Press, New York, 109-161 (1955) Vol. VI

AYRES, J. C., WALKER, H. W., FANELLI, Mary J., KING, A. W. and THOMAS, F.: Use of antibiotics in prolonging storage life of dressed chicken.
Food Technol. 10, 563-568 (1956)

AYRES, J. C.: Temperature relationships and some other characteristics of the microbial flora developing on refrigerated beef.
Food Res. 25, 1-18 (1960 a)

AYRES, J. C.: The relationship of organisms of the genus Pseudomonas to the spoilage of meat, poultry and eggs.
J. appl. Bact. 23, 471-486 (1960 b)

BADGER, E. H. M. and PANKHURST, E. S.: Experiments on the accuracy of surface drop bacterial counts.
J. appl. Bact. 23, 28-36 (1960)

BAGADI, H. O. and SEWELL, M. M. H.: A study of the route of dissemination of orally administered spores of Clostridium novyi type B in Guinea-pigs and sheep.
Res. Vet. Sci. 17, 179-181 (1974)

BAILEY, C.: Spray washing of lamb carcasses.
17th European Meeting of Meat Research Workers, Bristol, United Kingdom, 6.-10. Sept. 1971, 175-181, 1971

BAILEY, C.: Spray washing of lamb carcasses.
Inst. Meat Bull. 1972, Nr. 75, 3-12

BAIRD-PARKER, A. C.: Organic acids. In: SILLIKER, J. H., ELLIOTT, R. P., BAIRD-PARKER, A. C., BRYAN, F. L., CHRISTIAN, J. H. B., CLARK, D. S., OLSON, J. C. and ROBERTS, T. A. (eds.): Microbial Ecology of Foods. Academic Press, New York, 126-135 (1980) Vol. 1

BALA, K., STRINGER, W. C. and NAUMANN, H. D.: Effect of spray sanitation treatment and gaseous atmospheres on the stability of prepackaged fresh beef.
J. Fd. Sci. 42, 743-746 (1977)

BALATSOURAS, G. D. and POLYMENACOS, N. G.: Chemical preservatives as inhibitors of yeast growth.
J. Fd. Sci. 28, 267-275 (1963)

BARNES, E. M. and THORNLEY, M. J.: The spoilage flora of eviscerated chickens stored at different temperatures.
J. Fd. Technol. 1, 113-119 (1966)

BARNES, E. M. and SHRIMPTON, D. H.: The effect of processing and marketing procedures on the bacteriological condition and shelf life of eviscerated turkeys.
Brit. Poultry Sci. 9, 243-251 (1968)

BEAN, P. G. and ROBERTS, T. A.: The effect of pH, sodium chloride and sodium nitrite on heat resistance of Staphylococcus aureus and growth of damaged cells in laboratory media.
Proc. IV Int. Congr. Food Sci. and Technol., held Sept. 23-27, 1974, at Madrid, Spain, Vol. III, 93-102 (1974)

BEM, Z., LEISTNER, L. und DRESEL, J.: Schnellmethoden zur Keimzahlbestimmung bei Fleisch.
Fleischwirtschaft 56, 1803-1804 (1976)

BENKEN, C.: Über den Bakterienbefall der Fleischoberfläche des Rindes während des Ausschlachtens.
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1962

BEYER, K.: Aerobe Mikroflora bei Kühllagerung vakuumverpackten Rindfleisches unter besonderer Berücksichtigung der Enterobacteriaceae.
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1979

BIEMULLER, G. W., CARPENTER, J. A. and REYNOLDS, A. E.: Reduction of bacteria on pork carcasses.
J. Fd. Sci. 38, 261-263 (1973)

BLOOD, R. M. and JARVIS, B.: Chilling of poultry: the effects of process parameters on the level of bacteria in spin-chiller waters.
J. Fd. Technol. 9, 157-169 (1974)

CALLOW, E. H. and INGRAM, M.: Bone-taint.
Food 24, 52-55 (1955)

CARPENTER, J. A.: Decontamination of pork carcasses.
Proc. of the Meat Industry Research Conference. American Meat Institute Foundation, held March 23-24, 1972 at Chicago, USA, 35-43 (1972)

CHISTIAKOV, F. M. and BOCHAROVA, Z. Z.: The influence of low temperature on microorganisms. II. Influence of low temperature on the development of moulds.
Mikrobiologiia (U.S.S.R.) 6, 1293-1309 (1937)

CHISTIAKOV, F. M. and BOCHAROVA, Z. Z.: Influence of low temperatures on the development of microorganisms. IV. Influence of low temperatures on the development of molds.
Mikrobiologiia (U.S.S.R.) 7, 838-842 (1938)

CHRISTIAN, J. H. B. and WALTHO, J. A.: The water relations of staphylococci and micrococci.
J. appl. Bact. 25, 369-377 (1962)

CORETTI, K.: Über den Wert einiger bakteriologischer Methoden zur Ermittlung der Betriebshygiene in Fleischwarenbetrieben.
Fleischwirtschaft 46, 139-145 (1966)

COSTILOW, R. N., FERGUSON, W. E. and RAY, S.: Sorbic acid as a selective agent in cucumber fermentations. I. Effect of sorbic acid on microorganisms associated with cucumber fermentations.
Appl. Environm. Microbiol. 3, 341-345 (1955)

COX, N. A., MERCURI, A. J., THOMSON, J. E. and GREGORY, D. W. Jr.: Quality of broiler carcasses as affected by hot water treatments.
Poultry Sci. 53, 1566-1571 (1974 a)

COX, N. A., MERCURI, A. J., JUVEN, B. J., THOMSON, J. E. and CHEW, V.: Evaluation of succinic acid and heat to improve the microbiological quality of poultry meat.
J. Fd. Sci. 39, 985-987 (1974 b)

DAVIS, J. G. and BELL, J. S.: The drop technique for colony counts in microbiology.
Laboratory Practice 8, 58-63 (1959)

DAWSON, L. E., MALLMANN, W. L., FRANG, M. and WALTERS, S.: The influence of chlorine treatments on bacterial population and taste panel evaluation of chicken fryers.
Poultry Sci. 35, 1140 (1956)

DAWSON, L. E., MALLMANN, W. L., BIGBEE, D. G., WALKER, R. and ZABIK, Mary, E.: Influence of surface pasteurization and chlortetracycline on bacterial incidence on fryers.
Food Technol. 17, 100-103 (1963)

DEATHERAGE, F. E.: Early investigations on the acceleration of post-mortem tenderization of meat by electrical stimulation.
Proc. 26th European Meeting of Meat Research Workers, held Aug. 31-Sept. 5, 1980 at Colorado-Springs, USA, H-1, 2-5, Vol. 2 (1980)

DEUEL, H. J., ALFIN-SLATER, R., WEIL, C. S. and SMYTH, H. F.: Sorbic acid as a fungistatic agent for foods. I. Harmlessness of sorbic acid as a dietary component.
Fd. Res. 19, 1-12 (1954)

DIXON, J. M. S. and POOLEY, F. E.: The effect of chlorination on chicken carcasses infected with salmonellae.
J. Hyg. Camb. 59, 343-349 (1961)

DORER, F.: Die Oberflächenverkeimung geschlachteter Rinder in der neuen Bandschlachtanlage des Schlachthofes München.
Vet. med. Diss., München, 1973

DREWNIAK, E. E., HOWE, M. A., Jr., GORESLINE, H. E. and BAUSH, E. R.: Studies on sanitizing methods for use in poultry processing.
United States Department of Agriculture, Circular No. 930, March 1954, Washington, D. C. p. 1-29, 1954

ELMOSSALAMI, E.: Nimmt der Oberflächenkeimgehalt von Schlachtrindern im Kühlraum zu?
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1957

ELLIOTT, R. P., STRAKA, R. P. and GARIBALDI, J. A.: Polyphosphate inhibition of growth of pseudomonads from poultry meat.
Appl. Microbiol. 12, 517-522 (1964)

ELLIOTT, R. P. and MICHENER, H. D.: Psychrophilic microorganisms in foods.
U.S. Dept. Agric. Techn. Bull Nr. 1320, Washington, D.C., 1965

EMSWILER, B. S., KOTULA, A. W. and ROUGH, D. K.: Bactericidal effectiveness of three chlorine sources used in beef carcass washing.
J. Animal Sci. 42, 1445-1450 (1976)

EUSTACE, I. J., BILL, B. A., GIBBONS, R. A. and POWELL, V. H.: Vacuum packaged lamb carcasses extension of storage life by treatment with acetic acid solution prior to packaging.
CSIRO Meat Research Report No. 8/80. Division of Food Research, Cannon Hill, Qld, Australia, p. 1-26 (1980)

EUSTACE, I. J.: Control of bacterial contamination of meat during processing.
Food Technol. in Australia 33, 28-32 (1981)

FARMILOE, F. J., CORNFORD, S. J., COPPOCK, J. B. M. and INGRAM, M.: The survival of Bacillus subtilis spores in the baking of bread.
J. Sci. Fd. Agric. 5, 292-304 (1954)

FERGUSON, W. E.: The effect of sorbic acid on yeasts associated with cucumber fermentations.
Thesis PhD Michigan State University, 1955

GABY, W. L. and HADLEY, C.: Practical laboratory test for the identification of Pseudomonas aeruginosa.
J. Bact. 74, 356-358 (1957)

GARDNER, G. A.: The aerobic flora of stored meat with particular reference to the use of selective media.
J. appl. Bact. 28, 252-264 (1965)

GAUDY, A. F., Jr., ABU-NIAAJ, F. and GAUDY, E. T.: Statistical study of the spot-plate technique for viable-cell counts.
Appl. Microbiol. 11, 305-309 (1963)

GERATS, G. E. und SNIJDERS, J. M. A.: Bestimmung von Keimzahlen in der Fleischindustrie. II. Das Öse-Platten-Verfahren und das Droplet-Verfahren.
Arch. Lebensmittelhyg. 29, 17-21 (1978)

GIBBONS, N. E.: A bacteriological study of "ice fillets". (1934)
Canad. Biol. and Fisheries Contrib.(n.s.) 8: 301-310
zit. nach ELLIOTT und MICHENER (1965)

GILL, C. O. and NEWTON, K. G.: The development of aerobic spoilage flora on meat stored at chill temperatures.
J. appl. Bact. 43, 189-195 (1977)

GILL, C. O. and PENNEY, N.: Penetration of bacteria into meat.
Appl. Environm. Microbiol. 33, 1284-1286 (1977)

GILL, C. O., PENNEY, N. and NOTTINGHAM, P. M.: Tissue sterility in uneviscerated carcasses.
Appl. Environm. Microbiol. 36, 356-359 (1978)

GILL, C. O.: A review intrinsic bacteria in meat.
J. appl. Bact. 47, 367-378 (1979)

GILL, C. O. and PENNEY, N.: Survival of bacteria in carcasses.
Appl. Environm. Microbiol. 37, 667-669 (1979)

GILL, C. O. and NEWTON, K. G.: Development of bacterial spoilage at adipose tissue surfaces of fresh meat. Appl. Environm. Microbiol. 39, 1076-1077 (1980)

GILL, C. O. and PENNEY, N.: A research note: Bacterial penetration of muscle tissue. J. Fd. Sci. 47, 690-691 (1982)

GOLDBERG, H. S., WEISER, H. H. and DEATHERAGE, F. E.: Studies on meat. IV. The use of antibiotics in preservation of fresh beef. Food Technol. 7, 165-166 (1953)

GORESLINE, H. E., HOWE, M. A., BAUSH, E. R. and GUNDERSON, M. F.: In-plant chlorination does a 3-way job. U.S. Egg Poultry Mag. 57, 12, 13, 29-91 (1951)

GOULD, G. W.: Effect of food preservative on the growth of bacteria from spores. In: Microbial Inhibitors in Food. Fourth Intern. Symposium on Food Microbiology, 1964 Almquist & Wiksell, Uppsala, 17-23 (1964)

GRAHAM, A., CAIN, B. P. and EUSTACE, I. J.: An enclosed hot water spray cabinet for improved hygiene of carcass meat. CSIRO Meat Research Report No. 11/78. Division of Food Research, Cannon Hill, Qld, Australia,p. 1-17 (1978)

GUNDERSON, M. F., McFADDEN, H. W. and KYLE, T. S.: Bacteriology of commercial poultry processing. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minn. 1954, 98 pp.

HAINES, R. B. and SMITH, E. C.: Spec. Rep. Fd. Invest. Bd. London, No. 43, p. 13 (1933), zit. nach INGRAM (1952)

HAINES, R. B. and SCOTT, W. J.: An anaerobic organism associated with "bone-taint" in beef. J. Hyg. Camb. 40, 154-161 (1940)

HANSON, H. L. and FLETCHER, L. R.: Time-temperature tolerance of frozen foods. XII. Turkey dinners and turkey pies. Food Technol. 12, 40-43 (1958)

HARTH, F.: Ist die stickige Reifung der Warmblütermuskulatur ein abakterieller Vorgang? Inaug.-Diss., Gießen, 1941

HECHELMANN, H. und BEM, Z.: Bakterien der Kühlhausflora.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1974, 2099-2101

HECHELMANN, H., BEM, Z. und ALBERTZ, R.: Vermehrung von Mikroorganismen des Tribus Klebsielleae bei Temperaturen, pH-Werten und a_w-Werten, die fleischtechnologisch von Bedeutung sind.
Jahresbericht der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1974, C 35 - C 36

HECHELMANN, H. und LEISTNER, L.: Mikrobiologische Vorgänge beim Kühlen und Gefrieren von Fleisch und Fleischerzeugnissen.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1977, 3088-3093

HEISS, R.: Neuere Erkenntnisse über die günstigsten Bedingungen beim Kühlen von Fleisch.
Zschr. Fleisch- u. Milchhyg. XLVIII, 281-289 (1938)

HESS, E. und LOTT, G.: Kontamination des Fleisches während und nach der Schlachtung.
Fleischwirtschaft 50, 47-50 (1970)

HONIKEL, K. O. und HAMM, R.: Über das Pufferungsvermögen des Fleisches und seine Veränderungen post mortem.
Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. 156, 145-152 (1974)

HYYTIÄINEN, M., POHJA, M. S. und NISKANEN, A.: Über mikrobiologische Untersuchungsmethoden und über Qualitätsbeurteilung des Fleisches.
Fleischwirtschaft 55, 549-552 (1975)

INGRAM, M.: Principles of the control of microbial spoilage. In: BATE-SMITH, E. C. and MORRIS, T. N. (eds.): Food Science, A symposium on quality & preservation of foods. Cambridge, 1952, 188-193

INGRAM, M. and DAINTY, R. H.: Changes caused by microbes in spoilage of meats.
J. appl. Bact. 34, 21-39 (1971)

ISLAM, M. N., GRAY,R. J.H. and GEISER,J. N.: Development of antimicrobial agents for the extension of poultry shelf-life.
Poultry Sci. 57, 1266-1271 (1978)

ISLAM, M. N. and ISLAM, N. B.: Extension of poultry shelf-life by Poly (hexamethylenebiguanide hydrochloride).
J. Fd. Prot. 42, 416-419 (1979)

JOHNSON, M. G., TITUS, T. C., McCASKILL, Linda, H. and ACTON, J. C.: Bacterial counts on surfaces of carcasses and in ground beef from carcasses sprayed or not sprayed with hypochlorous acid.
J. Fd. Sci. 44, 169-173 (1979)

JUVEN, B. J., COX, N. A., MERCURI, A. J. and THOMPSON, J. E.: A hot acid treatment for eliminating Salmonella from chicken meat.
J. Milk Fd. Technol. 37, 237-239 (1974)

KAMPELMACHER, E. H.: Zur Bestrahlung von Lebensmitteln.
Deutsches Tierärzteblatt 31, 15-16; 18 (1983)

KELLY, C. A. , DEMPSTER, J. F. and McLOUGHLIN, A. J.: The effects of washing lamb carcases.
Proc. 20th European Meeting of Meat Research Workers, Sept. 15-20, 1974, Dublin, Ireland, 243-246 (1974)

KELLY, C. A., DEMPSTER, J. F. and McLOUGHLIN, A. J.: The effect of temperature, pressure and chlorine concentration of spray washing water on numbers of bacteria on lamb carcases.
J. appl. Bact. 51, 415-424 (1981)

KERREBROECK, W. van: Verfahren zur Konservierung frisch geschlachteter Tierkörper sowie Mittel zur Verfahrensdurchführung.
Offenlegungsschrift 27 13 201 vom 11.5.1978, Deutsches Patentamt

KLEIN, D.: Zur hygienischen Bedeutung der maschinellen Enthäutung geschlachteter Rinder.
Vet. med. Diss., Gießen, 1968

KOHL, W. F. und ELLINGER, R. H.: Verfahren zur Konservierung von tierisches Eiweiß enthaltenden Lebensmitteln, wie Fisch, Schmelzkäse sowie Fleischbrühen und -extrakten gegen Verderbnis durch Bakterien.
Auslegeschrift 1 642 141 vom 31. Oktober 1973, Deutsches Patentamt

KOHLER, A. R., MILLER, W. H. and BROQUIST, H. P.: Aureomycin chlortetracycline and the control of poultry spoilage.
Food Technol. 9, 151-154 (1955)

KOTULA, A. W., BANWART, G. J. and KINNER, J. A.: Effect of postchill washing on bacterial counts of broiler chickens.
Poultry Sci. 46, 1210-1216 (1967)

KOTULA, A. W., LUSBY, W. R., CROUSE, J. D. and de VRIES, B.: Beef carcass washing to reduce bacterial contamination.
J. Anim. Sci. 39, 674-678 (1974)

KOTULA, A. W., LUSBY, W. R. and CROUSE, J. D.: Variability in microbiological counts on beef carcasses.
J. Anim. Sci. 40, 834-837 (1975)

KOTULA, A. W., EMSWILER, B. S. and PIERSON, C. J.: Inhibition of bacterial growth with aqueous chlorine.
Proc. 23. Europ. Fleischforscherkongreß, gehalten 4.-9. Sept. 1977 in Moskau, UdSSR, H. 2, 9-15

KOVACS, N.: Identification of Pseudomonas pyocyanea by the oxidase reaction.
Nature 178, 703 (1956)

KRISPIEN, K.: Versuche zur Ermittlung der Oberflächenwasseraktivität (a_w-Wert) von Schlachttierkörpern und Fleisch und zur Beeinflussung der a_w- und pH-Werte der Fleischoberfläche.
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1978

KRÜGER, K.-E.: Psychrotrophe Mikroorganismen in Fisch.
Arch. Lebensmittelhyg. 23, 275-277 (1972)

LEISTNER, L.: Der Oberflächenkeimgehalt des Rindfleisches während der Reifung.
Jahresbericht der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1956, 45-49

LEISTNER, L. und RÖDEL, W.: The stability of intermediate moisture foods with respect to micro-organisms.
In: DAVIES,R., BIRCH, G. G. and PARKER, K. J. (eds.): Intermediate Moisture Foods. Appl. Sci. Publishers Ltd., London, 1976, 120-137,(1976 a)

LEISTNER, L. und RÖDEL, W.: Inhibition of micro-organisms in food by water activity. In: SKINNER, F. A., and HUGO, W. B. (eds.): Inhibition and Inactivation of Vegetative Microbes. Academic Press, London, New York, San Francisco, 1976, 219-237 (1976 b)

LEISTNER, L.: Hurdle effect and energy saving. In: DOWNEY, W. K. (ed.): Food Quality and Nutrition. Appl. Sci. Publishers Ltd., London, 553-557, 1978

LEISTNER, L.: Messung und Beeinflussung des Oberflächenkeimgehaltes von Schlachttierkörpern. Schlacht- Viehh.-Ztg. 79, 338-341 (1979)

LEISTNER, L. and RÖDEL, W.: Microbiology of intermediate moisture foods. IN: JARVIS, B., CHRISTIAN, J. H. B. and MICHENER, H. D. (eds.): Food Microbiology and Technology. Proc. Intern. Meeting Food Microbiology and Technology, Parma, Italy, April 20-23, 1978 (1979) 35-56

LEISTNER, L.: Energieeinsparung in der Fleichwirtschaft - heute und morgen.
Fleischwirtschaft 60, 1519-1522 (1980)

LEISTNER, L., BEM, Z., DRESEL, J. und PROMEUSCHEL, S.: Mikrobiologische Standards für Fleisch.
Abschlußbericht der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, zum Forschungsvorhaben 'Mikrobiologische Standards für rohes Fleisch unter Berücksichtigung von Wildfleisch' des Bundesministers für Jugend, Familie und Gesundheit. Juni 1981, 285 Seiten. (1981)

LEISTNER, L. und OSTHOLD, W.: Energieeinsparung bei der Konservierung von Fleisch und Fleischerzeugnissen.
Schlußbericht für 1981 der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, zum Forschungsvorhaben 'Energieeinsparung bei der Konservierung von Fleisch und Fleischprodukten' der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Februar 1982, 53 Seiten. (1982)

LEISTNER, L.: Hürden-Technologie für die Herstellung stabiler Fleischerzeugnisse.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1984, 5882-5889

LUDWIG, E.: Über das Vorkommen von psychrotoleranten Bakterien, insbesondere von Pseudomonasarten, auf der Oberfläche von Fleisch frischgeschlachteter Rinder.
Vet. med. Diss., Hannover, 1964

LÜCK, E.: Sorbinsäure, Band I - Eigenschaften-Analytik-Herstellung.
B. Behrs Verlag GmbH, Hamburg, 1969

LÜCK, E.: Sorbinsäure, Band II - Biochemie-Mikrobiologie.
B. Behrs Verlag GmbH, Hamburg, 1972

LÜCK, E.: Chemische Lebensmittelkonservierung. Stoffe, Wirkungen, Methoden.
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1977

MALLMANN, W. L., DAWSON, L. E. and JONES, E.: The influence of relatively high chlorine concentrations in chill tanks on shelf-life of fryers.
Poultry Sci. 38, 1225 (1959)

MARSHALL, R. T., ANDERSON, M. E., NAUMANN, H. D. and STRINGER, W. C.: Experiments in sanitizing beef with sodium hypochlorite.
J. Fd. Prot. 40, 246-249 (1977)

MAY, K. N.: Changes in microbial numbers during final washing and chilling of commercially slaughtered broilers.
Poultry Sci. 53, 1282-1285 (1974)

McLEAN, R. A., LILLY, H. D. and ALFORD, J. A.: Effects of meat-curing salts and temperature on production of staphylococcal enterotoxin B.
J. Bact. Agr. 95, 1207-1211 (1968)

McVICKER, R. J., DAWSON, L. E., MALLMANN, W. L., WALTERS, S. and JONES, E.: Effect of certain bacterial inhibitors on shelf-life of fresh fryers.
Food Technol. 12, 147-149 (1958)

MEAD, G. C. and THOMAS, N. L.: Factors affecting the use of chlorine in the spin-chilling of eviscerated poultry.
Br. Poultry Sci. 14, 99-117 (1973)

MELNICK, D., LUCKMANN, F. H. and GOODING, M.: Sorbic acid as a fungistatic agent for foods. VI. Metabolic degradation of sorbic acid in cheese by molds and the mechanism of mold inhibition.
Fd. Res. 19, 44-58 (1954)

MEYER, R. C., WINTER, A. R. and WEISER, H. H.: Edible protective coatings for extending the shelf life of poultry.
Food Technol. 13, 146-148 (1959)

MICHENER, H. D. and ELLIOTT, R. P.: Minimum growth temperatures for food-poisoning, fecal-indicator, and psychrophilic microorganisms. In: CHICHESTER, C. O. (ed.): Advances in Food Res. 13, 349-396 (1964)

MORAN, T. and SMITH, E. C.: (1929)
zitiert nach GILL, C. O. (1979)

MOSSEL, D. A. A. and INGRAM, M.: The physiology of the microbial spoilage of foods.
J. appl. Bact. 18, 233-268 (1955)

MOSSEL, D. A. A., KOOPMAN, M. J. and JONGERIUS, E.: Enumeration of Bacillus cereus in foods.
Appl. Microbiol. 15, 650-653 (1967)

MOUNTNEY, G. J. and O'MALLEY, J.: Acids as poultry meat preservatives.
Poultry Sci. 44, 582-586 (1965)

MULDER, S. J. en KROL, B.: Een onderzoek naar de bacteriologische gesteldheid van vers vlees. 1. De invloed van het slachten van runderen.
Tijdschrift Diergeneeskunde 101, 587-593 (1976 a)

MULDER, S. J. en KROL, B.: Een onderzoek naar de bacteriologische gesteldheid van vers vlees. 2. De invloed van het bewaren van karkassen in slachthuizen.
Tijdschrift Diergeneeskunde 101, 594-598 (1976 b)

MURPHY, J. F. and MURPHY, R. E.: Method of treating poultry.
United States Patent Office 3,025,170, 1962

NETTEN, P. van and MOSSEL, D. A. A.: The ecological consequences of decontaminating raw meat surface with lactic acid.
Arch. Lebensmittelhyg. 31, 190-191 (1980)

NILSSON, T. and REGNÉR, B.: The effect of chlorine in the chilling water on salmonellae in dressed chicken.
Acta vet. scand. 4, 307-312 (1963)

NOSKOWA, G. L.: Mikrobiologie des Fleisches bei Kühllagerung.
VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1. Auflage, 1975

NOTTINGHAM, P. M.: Bone-taint in beef. - II. Bacteria in ischiatic lymph nodes.
J. Sci. Fd. Agric. 11, 436-441 (1960)

OCKERMAN, H. W., CAHILL, V. R., WEISER, H. H., DAVIS, C. E. and SIEFKER, J. R.: Comparison of sterile and inoculated beef tissue.
J. Fd. Sci. 34, 93-99 (1969)

OCKERMAN, H. W., BORTON, R. J., CAHILL, V. R., PARRETT, N. A. and HOFFMAN, H. D.: Use of acetic and lactic acid to control the quantity of microorganisms on lamb carcasses.
J. Milk Fd. Technol. 37, 203-204 (1974)

OLSON, J. C., Jr. and NOTTINGHAM, P. M.: Temperature. In: SILLIKER, J. H., ELLIOTT, R. P., BAIRD-PARKER, A. C., BRYAN, F. L., CHRISTIAN, J. H. B., CLARK, D. S., OLSON, J. C., Jr. and ROBERTS, T. A. (eds.):Microbial Ecology of Foods. Vol. I. Academic Press, New York, 1980, 1-37

OSTHOLD, W. und LEISTNER, L.: Energieeinsparung bei der Konservierung von Fleisch und Fleischprodukten.
Zwischenbericht der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, zum Forschungsauftrag 'Energieeinsparung bei der Konservierung von Fleisch und Fleischprodukten' der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Juli 1982, 43 Seiten (1982 a)

OSTHOLD, W. und LEISTNER, L.: Verbesserung der Haltbarkeit von Schlachttierkörpern.
Abschlußbericht der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, zum Forschungsvorhaben 'Verbesserung der Haltbarkeit von Schlachttierkörpern (Kennwort: Sprühmittel)' der Fa. Willy Arnold KG, Hamburg, Juli 1982, 42 Seiten (1982 b)

OSTHOLD, W., SHIN, H.-K., DRESEL, J. und LEISTNER, L:: Energieeinsparung bei der Lagerung von Fleisch und Fleischerzeugnissen.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1982, 4991-4996

OSTHOLD, W. und LEISTNER, L.: Untersuchungen zur Haltbarkeitsverbesserung bei Fisch - Salzbehandlung von fangfrischem Kabeljau.
Arch. Lebensmittelhyg. 34, 128-130 (1983)

PATTERSON, J. T.: Chlorination of water used for poultry processing.
Br. Poultry Sci. 9, 129-133 (1968 a)

PATTERSON, J. T.: Bacterial flora of chicken carcasses treated with high concentrations of chlorine.
J. appl. Bact. 31, 544-550 (1968 b)

PATTERSON, J. T.: Hygiene in meat processing plants. 4. Hot-water washing of carcasses.
Rec. Agric. Res. Min. Agric. North Ireland 18, 85-87 (1970)

PERRY, G. A., LAWRENCE, R. L. and MELNICK, D.: Extension of poultry shelf life by processing with sorbic acid.
Food Technol. 18, 101-107 (1964)

PICKETT, L. D. and MILLER, B. F.: The effect of high temperature immersion on the microbial populationof whole turkey carcasses.
Poultry Sci. 45, 1116 (1966)

RABOTNOVA, I. L. and MINEEVA, L. A.: A study of the lag-phase in microorganisms. I. The effect of outward conditions upon the length of the lag-phase in Torulopsis utilis and Ps. fluorescens.
Mikrobiologiia (U.S.S.R.) 28, 352-357 (1959)

RACCHACH, M., BAKER, R. C., REGENSTEIN, J.M. and MULNIX, E.J.: Potential application of microbial antagonism to extended storage stability of a flesh type food.
J. Fd. Sci. 44, 43-46 (1979)

RAIBLE, K.: Konservierungsversuche an Speiseeigelb.
Fette - Seifen - Anstrichmittel 58, 100-104 (1956)

RANKEN, M. D., CLEWLOW, G., SHRIMPTON, D. H. and STEVENS, B. J. H.: Chlorination in poultry processing.
Br. Poultry Sci. 6, 331-337 (1965)

REHM, H.-J., LUKAS, E.-M.: Zur Kenntnis der antimikrobiellen Wirkung der Sorbinsäure. 1. Mitteilung. Die Wirkung der undissoziierten und dissoziierten Anteile der Sorbinsäure auf Mikroorganismen.
Zbl. Bakt. Orig. II, Abt. 117, 305-318 (1963)

REUTER, G.: Erfahrungen mit Nährböden für die selektive mikrobiologische Analyse von Fleischerzeugnissen.
Arch. Lebensmittelhyg. 19, 53-57 u. 84-89 (1968)

REUTER, G.: Mikrobiologische Analyse von Lebensmitteln mit selektiven Medien.
Arch. Lebensmittelhyg. 21, 30-35 (1970)

REYNOLDS, A. E. and CARPENTER, J. A.: Bactericidal properties of acetic and propionic acids on pork carcasses.
J. Anim. Sci. 38, 515-519 (1974)

RISTIĆ, M.: Einfluß von Molkenhefe im Alleinfutter auf die Fleischbeschaffenheit von Broilern.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1982, 5277-5281

ROBACH; M. C. and IVEY, F. J.: Antimicrobial efficacy of a potassium sorbate dip on freshly processed poultry.
J. Fd. Prot. 41, 284-288 (1978)

ROBACH, M. C.: Extension of shelf-life of fresh, whole broilers, using a potassium sorbate dip.
J. Fd. Prot. 42, 855-857 (1979)

ROBERTS, T. A.: Microbiological guidelines for meat.
22nd European Meeting of Meat Research Workers, held Aug. 30-Sept. 9, 1976 at Malmö, Sweden, Congress Documentation Vol. II, LO:1 - LO:4 (1976)

ROBERTS, T. A., MacFIE, H. J. H. and HUDSON, W. R.: The effect of incubation temperature and site of sampling on assessment of the numbers of bacteria on red meat carcasses at commercial abattoirs.
J. Hyg. Camb. 85, 371-380 (1980)

RÖDEL, W.: Einstufung von Fleischerzeugnissen in leicht verderbliche, verderbliche und lagerfähige Produkte aufgrund des pH-Wertes und a_w-Wertes.
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1975

RÖDEL, W., KRISPIEN, K. und HOFMANN, G.: Bedeutung und Messung der Oberflächenwasseraktivität von Fleisch und Fleischerzeugnissen.
Fleischwirtschaft 60, 1840-1844 (1980 a)

RÖDEL, W., KRISPIEN, K. und LEISTNER, L.: Die Wasseraktivität von Fetten tierischer Herkunft.
Fleischwirtschaft 60, 642, 644-648, 650 (1980 b)

RUBIN, H. E.: Toxicological model for a two-acid system.
Appl. Environm. Microbiol. 36, 623-624 (1978)

SACHS, L.: Angewandte Statistik. Statistische Methoden und ihre Anwendungen.
5. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1978

SANDERS, D. H. and BLACKSHEAR, C. D.: Effect of chlorination in the final washer on bacterial counts of broiler chicken carcasses.
Poultry Sci. 50, 215-219 (1971)

SCHELHORN; M. von: Untersuchungen über Konservierungsmittel. Orientierende Versuche über Sorbinsäure als Konservierungsmittel.
Dtsch. Lebensm. Rdsch. 50, 267-269 (1954)

SCHÖNBERG, F.: Zur Prüfung auf beginnende Fleischfäulnis unter besonderer Berücksichtigung des Ammoniaknachweises mit Neßlers Reagens.
Arch. Lebensmittelhyg. 12, 92-93 (1961)

SCHREITER, M.: Mikrobiologie des Fleisches und der Fleischprodukte. In: Autorenkollektiv: Mikrobiologie tierischer Lebensmittel. VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1981, 319-439

SCOTT, W. J.: The growth of micro-organisms on ox muscle. I. The influence of water content of substrate on rate of growth at -1 °C.
J. Coun. Sci. Ind. Res. Austr. 9, 177-190 (1936)

SCOTT, W. J.: Water relations of Staphylococcus aureus at 30 °C.
Aust. J. Biol. Sci. 6, 549-564 (1953)

SCOTT, W. J.: Water relations of food spoilage microorganisms. In: MRAK, E. M. and STEWART, G. F. (eds.): Advances in Food Research. Vol. VII, Academic Press, New York, 83-127 (1957)

SCOTT, W. J.: Available water and microbial growth.
Proc. Low Temperature Microbiology Symposium, Camden, New Jersey, 1961, p. 89-105 (1962)

SEIDEL, G. und KIND, H.: Ein Beitrag zur Feststellung des Frischezustandes von Fleisch.
Mh. Vet.-Med. 19, 22-27 (1964)

SHARPE; A. N. and JACKSON, A. K.: Stomaching: a new concept in bacteriological sample preparation.
Appl. Microbiol. 24, 175-178 (1972)

SHOTTS, E. B., Jr., WILLIAM, T. M. and GALTON, M. M.: Further studies on Salmonella in human and animal foods and in the environment of processing plants.
Proc. 65th Annual Meeting, U.S. Livestock Sanit. Assoc. Minneapolis, Minn. 1961, 309-318 (1961)

SIBOMANA, G.: Vergleichende Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Probeentnahmeverfahren zur Oberflächenkeimzahlbestimmung bei Schlachttierkörpern.
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1980

SILLIKER, J. H., SHANK, J. L. and MURPHY, R. E.: Poultry chilling.
United States Patent Office 2,950,977, August 1960.

SINELL, H.-J., REUTER, G. und UNTERMANN, F.: Zur Standardisierung der aeroben Gesamtkeimzahlbestimmung in Fleisch und Fleischerzeugnissen. 1. Mitteilung: Prüfung von Nährböden und Beimpfungsverfahren.
Arch. Lebensmittelhyg. 16, 217-224 (1965)

SINELL, H.-J., UNTERMANN, F. und REUTER, G.: Zur Standardisierung der aeroben Gesamtkeimzahlbestimmung in Fleisch und Fleischerzeugnissen. 2. Mitteilung: Prüfung von verschiedenen Probenzerkleinerungs- und -verdünnungs-Verfahren.
Arch. Lebensmittelhyg. 17, 25-31 (1966)

SINELL, H.-J. und BAUMGART, J.: Selektivnährböden mit Eigelb zur Isolierung von pathogenen Staphylokokken aus Lebensmitteln.
Zbl. Bakt. I. Orig. 204, 248-264 (1967)

SINELL, H.-J.; Fleischuntersuchung (V). V. Biologische und mikrobiologische Untersuchung. In: SCHORMÜLLER, J. (ed.): Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. III/2, Springer-Verlag, Berlin 1239-1266 (1968)

SINELL, H.-J. und KUSCH, D.: Selektivzüchtung von koagulasepositiven Staphylokokken aus Hackfleisch.
Arch. Hyg. 153, 56-66 (1969)

SINELL, H.-J.: Ermittlung und Bewertung des "unspezifischen" Keimgehaltes in Lebensmitteln tierischer Herkunft.
Zbl. Bakt. I. Abt. Orig. 212, 317-323 (1970)

SINELL, H.-J.: Bewertung der hygienischen Qualität von Lebensmitteln nach mikrobiologischen Gesichtspunkten.
Fleischwirtschaft 51, 767-772 (1971)

SINELL, H.-J.: Praktische Erfahrung bei der Selektivzüchtung von Staphylokokken aus Lebensmitteln
Arch. Lebensmittelhyg. 29, 136 (1978)

SINELL,H.-J.: Einführung in die Lebensmittelhygiene.
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1980

SMITH, G. C., VARNADORE, W. L., CARPENTER, Z. L. and CALHOUN, M. C.: Postmortem treatment effects on lamb shrinkage, bacterial counts and palatability.
J. Anim. Sci. 42, 1167-1174 (1976)

SMITH, M. G. and GRAHAM, A.: Destruction of Escherichia coli and salmonellae on mutton carcases by treatment with hot water
Meat Sci. 2, 119-128 (1978)

SNIJDERS, J. M. A. und GERATS, G. E.: Hygiene bei der Schlachtung von Schweinen. VI. Die Verwendung eines Infrarottunnels in der Schlachtstraße.
Fleischwirtschaft 57, 2216-2219 (1977)

SNIJDERS , J. M. A., SCHOENMAKERS, M. J. G., GERATS, G. E. und PIJPER, F. W., de: Dekontamination schlachtwarmer Rinderkörper mit organischen Säuren.
Fleischwirtschaft 59, 656-663 (1979)

SPENCER, J. V. and SMITH, L. E.: The effect of chilling chicken fryers in a solution of polyphosphates upon moisture uptake, microbial spoilage, tenderness, juiciness and flavor.
Poultry Sci. 41, 1685 (1962)

STEVENSON, K. E., MERKEL, R. A. and LEE, H. C.: Effects of chilling rate, carcass fatness and chlorine spray on microbiological quality and case-life of beef.
J. Fd. Sci. 43, 849-852 (1978)

STINSON, W. S.: HOCl sanitizing system effectively cuts bacteria in meat processing.
Fd. Proc. 38, 188-189 (1977)

STRASSER, L.: Prüfung ausgewählter Schnellverfahren zur Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes von Rinderschlachttierkörpern und Wild (Reh und Hirsch) - zugleich Angaben über die Höhe und die Zusammensetzung dieser Mikroflora.
Vet. med. Diss., Berlin-West, 1979

STRINGER, W. C., BILSKIE, M. E. and NAUMANN, H. D.: Microbial profiles of fresh beef.
Food Technol. 23, 97-102 (1969)

STRINGER, W. C.: Microbiology of carcasses.
Proc. of the Meat Industry Research Conference , held March 20-21, 1975 at Chicago, U.S.A., 87-90 (1975)

SVOBODA, D. J. und SCHWERDT, L. E.: Sprühverfahren zur antibakteriellen Behandlung von Schlachttierhälften.
Offenlegungsschrift 27 19 579vom 16.11.1978, Deutsches Patentamt. 1978

TEOTIA,J. S. and MILLER, B. F.: Destruction of salmonellae on poultry meat with lysozyme, EDTA, X-Ray,microwave and chlorine.
Poultry Sci. 54, 1388-1394 (1975)

THIEL, W.: Qualitätserhaltung und Qualitätsverbesserung der vom Tier stammenden Lebensmittel in tropischen und subtropischen Klimazonen.
Fleischwirtschaft 59, 1458-1464 (1979)

THIEL, W.: Verfahren zur Haltbarmachung von Frischfleisch und Tauchlösung zur Durchführung des Verfahrens.
Offenlegungsschrift 29 25 821 vom 29.1.1981, Deutsches Patentamt

THOMAS, M.: Bacterial penetration in raw meats: comparisons using a new technique.
Monthly Bulletin of Ministry of Health and the Public Health Laboratory Service , U. K. 25, 42-51 (1966)

THOMSON, J. E., BANWART, G. J., SANDERS, D. H. and MERCURI, A. J.: Effect of chlorine, antibiotics, ß-propiolactone, acids, and washing on Salmonella typhimurium on eviscerated chickens.
Poultry Sci. 46, 146-151 (1967)

THOMSON, J. E., COX, N. A. and BAILEY, J. S.: Chlorine, acid, and heat treatments to eliminate Salmonella on broiler carcasses.
Poultry Sci. 55, 1513-1517 (1976)

THOMSON, J. E., COX, N. A. and BAILEY, J. S.: Control of Salmonella and extention of shelf-life of broiler carcasses with a glutaraldehyde product.
J. Fd. Sci. 42, 1353-1355 (1977)

TITUS, T. C., ACTON, J. C., McCASKILL, L. and JOHNSON, M. G.: Microbial persistence on inoculated beef plates sprayed with hypochlorite solutions.
J. Fd. Prot. 41, 606-612 (1978)

TOKAR, M., DRESEL, J. und LEISTNER, L.: Energieeinsparung bei der Lagerung von Schlachttierkörpern, herbeigeführt durch Beeinflussung des pH-Wertes und a_w-Wertes der Fleischoberfläche.
Jahresbericht der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 1979, C 29

TROLLER, J. A.: Effect of water activity on enterotoxin B production and growth of Staphylococcus aureus.
Appl. Microbiol. 21, 435-439 (1971)

UNTERMANN, F.: Varianzanalytische Untersuchungen über die Fehlergröße der "drop-plating"-Technik bei kulturellen Keimzahlbestimmungen an Lebensmitteln.
Zbl. Bakt. I. Abt. Orig. 215, 563-571 (1970)

VANDERZANT, C. and NICKELSON, R.: A microbiological examination of muscle tissue of beef, pork, and lamb carcasses.
J. Milk Fd. Technol. 32, 357-361 (1969)

VEKEMANS, P.: Method for the preserving of meat pieces, solution used therefore and meat piece preserved according to said method.
European Patent Application No. O 013 042, Europäisches Patentamt , 1980

WABECK, C. J., SCHWALL, D. V., EVARCHO, G. M., HECH, J. G. and ROGERS, A. B.: Salmonella and total count reduction in poultry treated with sodium hypochlorite solutions.
Poultry Sci. 47, 1090-1094 (1968)

WERSCHNITZKY, U.: Energieeinsatz und Energieeinsparung in der Agrar- und Ernährungswirtschaft.
Fleischwirtschaft 62, 711-717 (1982)

WIRTH, F., LEISTNER, L. und RÖDEL, W.: Richtwerte der Fleischtechnologie.
Verlagshaus Sponholz, Frankfurt am Main, 1976

WUNDRAM, G. und SCHÖNBERG, F.: Tierärztliche Lebensmittelüberwachung.
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1962

ZIEGLER, F. und STADELMAN , W. J.: Increasing shelf-life of fresh chicken meat by using chlorination.
Poultry Sci. 34, 1389-1391 (1955 a)

ZIEGLER, F. and STADELMAN, W. J.: The effect of aureomycin treatment on the shelf life of fresh poultry meat.
Food Technol. 9, 107-108 (1955 b)

ZUTTER, L. de, ABRAMS, R. and HOOF, J. van: Bacteriological survey of beef carcasses: Correlation between swab and maceration method.
Arch. Lebensmittelhyg. 33, 36-39 (1982)

LEBENSLAUF

Name:	Wolfgang Osthold
25. Februar 1951	Geburt in Hagen/Westf. als Sohn des Dr. jur. Ernst-August Osthold und der Liselotte Osthold, geb. Anacker
1957 - 1962	Ernst Moritz Arndt Volksschule in Köln-Rodenkirchen und Hermann Nohl Volksschule in Göttingen
1962 - 1971	Felix Klein Gymnasium in Göttingen; Abschluß: Abitur
1971 - 1973	Apothekerpraktikant in der Apotheke an den Friedenslinden in Göttingen-Geismar
1973 - 1974	Vorex. Apotheker in o. a. Apotheke
1974 - 1975	Grundwehrdienst in Hildesheim
1975 - 1980	Studium der Tiermedizin an der Ludwig Maximilian Universität in München
4. Dezember 1980	Approbation als Tierarzt
1981 - 1983	Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach
1983 - 1984	Assistenzarzt in der Tierärztlichen Klinik Homberg in Duisburg-Homberg
seit Oktober 1984	selbständiger Tierarzt in Mönchengladbach
seit 1978	verheiratet mit Gesine Osthold, geb. von Fumetti
06. Juli 1978	Geburt des Sohnes Sebastian
03. Juli 1981	Geburt des Sohnes Stephan
22. Juli 1982	Geburt der Tochter Kerstin

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich Herrn Ltd. Dir. und Prof. Dr. L. Leistner, Leiter des Instituts für Mikrobiologie, Toxikologie und Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, danken, sowohl für die Überlassung des Themas, als auch für die Ermöglichung der Durchführung der Arbeit, wobei er mir zahlreiche Anregungen zuteil werden ließ.

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. H.-J. Sinell, Direktor des Instituts für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und -technologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, für die Übernahme des Themas und seine stets großzügige Unterstützung und Förderung.

Herrn J. Dresel und Herrn Dr. H.-K. Shin danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung der experimentellen Arbeiten.

Dank sagen möchte ich des weiteren Herrn K. Kröger und Herrn Dr. P. Albel, Elfenbeinküste, sowie Herrn Dr. E. Schurian, Zypern, für ihre freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Feldversuche.

Herrn Dr. G. F. Hammer danke ich für die Beratung bei der statistischen Auswertung.